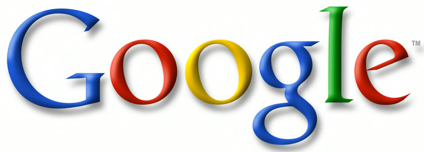


This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

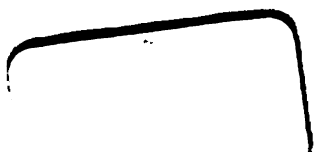
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at http://books.google.com/

Digitized by Google





Digitized by Google

3-VHA
Annales

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Annales
3-V
Digitized by Google

ANNALES
DES MINES,

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RAPPORTENT;

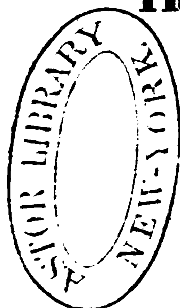
RÉDIGÉES

Par les Ingénieurs des Mines,

ET PUBLIÉES

Sous l'autorisation du Sous-Secrétaire d'État au ministère des Travaux Publics.

TROISIÈME SÉRIE.


ASTOR LIBRARY
NEW-YORK

TOME XVIII.

PARIS.

CARILIAN-GOEURY ET V^{VE} DALMONT,

LIBRAIRES DES CORPS ROYAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES,

Quai des Augustins, nos 39 et 41.

1840.

Digitized by Google

COMMISSION DES ANNALES DES MINES.

Les *Annales des Mines* sont publiées sous les auspices de l'administration générale des Ponts et Chaussées et des Mines, et sous la direction d'une commission spéciale formée par le Sous-Secrétaire d'État au ministère des travaux publics. Cette commission est composée, ainsi qu'il suit, des membres du conseil général des mines, de l'inspecteur des études et des professeurs de l'École des mines, du chef de la division des mines, d'un ingénieur secrétaire, et d'un ingénieur secrétaire-adjoint.

MM.

Cordier, inspecteur général, membre de l'Académie des sciences, président.

De Bonnard, inspecteur général, membre de l'Académie des sciences.

Migneron, inspecteur général.

Héricart de Thury, inspect. gén., membre de l'Académie des sciences.

Berthier, inspecteur général, membre de l'Académie des sciences, profess. de chimie.

Garnier, inspecteur général.

Guenyveau, inspecteur général adjoint.

Cheron, inspect. génér. adjoint.

Thirria, ingénieur en chef, secrétaire du conseil général.

MM.

Dufrénoy, ingénieur en chef, inspect. des études de l'École des mines, profess. de minéralogie.

Élie de Beaumont, ingén. en chef, membre de l'Académie des sciences, profess. de géologie.

Combes, ingénieur en chef, prof. d'exploitation des mines.

De Cheppe, chef de la division des mines.

Le Play, ingénieur, secrétaire de la commission de statistique de l'industrie minérale, secrétaire de la commission.

De Boureuille, ingénieur, secrétaire-adjoint de la commission.

L'administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des *Annales des Mines*, pour être envoyés, soit à titre de don aux principaux établissements nationaux et étrangers, consacrés aux sciences et à l'art des mines, soit à titre d'échange aux rédacteurs des ouvrages périodiques français et étrangers, relatifs aux sciences et aux arts. — Les lettres et documents concernant les Annales des Mines doivent être adressés, *sous le couvert de M. le sous-secrétaire d'état au ministère des travaux publics*, *à M. le secrétaire de la commission des Annales des Mines*, à Paris.

Avis de l'Éditeur.

Les auteurs reçoivent *gratis* 10 exemplaires de leurs articles. Ils peuvent faire faire des tirages à part à raison de 10 fr. par feuille pour le premier cent, et de 5 fr. pour les suivants.

La publication des *Annales des Mines* a lieu par cahiers ou livraisons qui paraissent tous les deux mois.—Les trois livraisons d'un même semestre forment un volume. — Les deux volumes composant une année contiennent de 60 à 80 feuilles d'impression, et de 18 à 24 planches gravées. — Le prix de la souscription est de 20 fr. par an pour Paris, de 24 fr. pour les départements, et de 28 fr. pour l'étranger.

IMPRIMERIE DE FAIN ET THUNOT,
IMPRIMEURS DE L'UNIVERSITÉ ROYALE DE FRANCE,
RUE RACINE, 28, PRÈS DE L'ODÉON.

Digitized by Google

EXTRAIT

D'un rapport à M. le conseiller d'État, directeur général des ponts et chaussées et des mines, sur la fabrication de la fonte et du fer dans les Ardennes depuis 1830 *jusqu'en* 1838 *inclusivement;*

Par M. SAUVAGE, Ingénieur des mines.

La chambre consultative des arts et manufactures de Sedan a présenté, à la fin de l'année 1838, à M. le ministre du commerce et des travaux publics, un mémoire relatif à l'état actuel de l'industrie du fer dans les Ardennes.

Mémoire présenté à M. le ministre par la chambre du commerce de Sedan.

M. le directeur général des ponts et chaussées et des mines, en me communiquant ce mémoire, me charge d'examiner, en ce qui me concerne, les observations qu'il renferme, et de rédiger un rapport sur les questions qu'il soulève.

Les faits principaux que met en évidence le mémoire de la chambre consultative sont les suivants :

Faits principaux relatés dans ce mémoire.

1° La plupart des usines qui fabriquent la fonte et le fer au charbon de bois ont été en activité pendant l'année 1838. La fabrication du fer à la houille a éprouvé un ralentissement;

2° Les prix de vente, à partir de l'année 1836, ont été constamment en baisse, principalement ceux des fers travaillés, tôles, fers en verge, etc. Ces prix sont inférieurs de 10 p. o/o à ceux des mêmes produits pendant l'époque de crise commerciale de 1831, tandis que les combustibles

Baisse des prix de vente.

Digitized by Google

Élévation du prix des combustibles.

ont été portés à un prix exorbitant en 1836 et 1837, lequel s'est maintenu en 1838;

Diminution des bénéfices.

3° Les bénéfices de l'industrie du fer pendant les années 1831-32 et suivantes, et les progrès faits dans la forgerie pendant les dernières années, n'ont point été assez considérables pour que la baisse survenue en ait été la conséquence immédiate; en sorte que l'on peut assurer que les fabricants ne retirent que très-peu de bénéfice de leur industrie, ou même qu'ils sont pour la plupart en perte;

Cause de l'élévation du prix des combustibles.

4° La cause principale de cette élévation du prix des combustibles est, en ce qui concerne le combustible végétal, la lutte occasionnée par un grand nombre d'établissements nouveaux et par la mise en activité d'un certain nombre de forges dans le Luxembourg, qui, employant le bois de cette localité, ont diminué la quantité disponible que nos usines des Ardennes allaient chercher en Belgique; et, en ce qui regarde le combustible minéral, une activité très-grande des forges à la houille des environs de Liége et de Charleroy.

Observations et réclamations de la chambre consultative de Sedan.

La chambre consultative adresse au gouvernement quelques observations, et réclame quelques mesures dans l'intérêt de l'industrie:

1° Elle se plaint du mode actuellement suivi dans la vente des coupes de bois de l'État et des communes;

2° Elle réclame une intervention plus spéciale des ingénieurs des mines, trop absorbés, suivant elle, par des occupations bureaucratiques;

3° Elle demande la révision de la loi des mines du 21 avril 1810, en ce qui regarde les permissions d'usines, et spécialement les lavoirs à mine. Elle observe que les lenteurs de l'instruction de

Digitized by Google

ces sortes d'affaires, le grand nombre de formalités à remplir sont très-nuisibles aux industriels qui ne peuvent attendre la décision de l'administration sans éprouver un grave préjudice, et qui se trouvent placés dans une position illégale s'ils n'attendent pas cette décision;

4° Elle insiste sur l'amélioration des chemins vicinaux, sur celle de la navigation de la Meuse et de l'Aisne.

Éléments de ce rapport

Pour me conformer aux ordres de M. le directeur général, et afin d'apprécier exactement les faits indiqués ci-dessus, j'ai recueilli avec tout le soin possible des documents relatifs à l'importance des usines du département en 1830; j'ai rassemblé tous les chiffres de la production d'année en année, j'ai visité la plupart des établissements et j'ai pris auprès des industriels tous les renseignements concernant la production des usines en 1838. J'ai rassemblé en même temps toutes les notes relatives aux prix des matières premières, et aux prix de vente dans les différentes localités, pendant la période des neuf années que je considérais.

Division du rapport qui va suivre.

Je vais présenter tous ces documents, puis je rechercherai par approximation quels sont les bénéfices obtenus dans la fabrication de la fonte et du fer, eu égard au prix actuel des combustibles; je terminerai par quelques observations générales sur l'industrie du fer des Ardennes.

I.

Divers genres de production de l'industrie du fer des Ardennes.

Le département produit:

1° De la fonte brute destinée à la forge, et, en petite quantité, au moulage de deuxième fusion;

2° De la fonte moulée en poteries ordinaires,

Digitized by Google

en tuyaux, boîtes de roues, etc.; en pièces de mécanique et en projectiles de guerre;

3° Du fer en barres au charbon de bois, pour le commerce, les laminoirs à tôles et les fenderies;

4° Des massiaux, ou fer brut préparé au four à puddler, destinés, soit à la fabrication du fer marchand par la *méthode champenoise*, soit à la fabrication du fer anglais étiré au cylindre, soit directement à celle du fer fendu et de la tôle.

5° Du petit fer au martinet, queues de poêle, fléaux de balance, etc.

6° Du petit fer à la houille au laminoir; du fer feuillard, etc.;

7° Des tôles d'espèces diverses;

8° Du fer fendu, destiné à la clouterie;

9° Du fer platiné, écoupes, poêles, bouches de fours, etc., etc.

Circonstance remarquable de la fabrication ardennaise.

Un fait remarquable de la fabrication ardennaise est la concentration de l'industrie dans le pays même. La plus grande partie des produits des usines est consommée dans la localité, et transformée en produits marchands.

Emploi de la fonte.

Ainsi la fonte qui n'est pas employée au moulage passe dans les feux d'affinerie et de puddlage, et la quantité de fonte de forge produite dans les Ardennes n'équivaut pas à celle que ces feux consomment. Les usines de la Meuse, de la Moselle et de la Belgique fournissent le complément de cette quantité.

Emploi du fer en barres.

Le fer marchand fabriqué au bois et à la houille est livré à la ferronnerie du pays qui l'élabore et le transforme en divers ustensiles.

Emploi du fer fendu.

Le fer fendu est destiné à la clouterie de Charleville.

Digitized by Google

Emploi du fer platiné.

Le fer platiné et une partie du fer au martinet sont livrés à la poêlerie, branche secondaire qui a de l'importance dans le pays.

Débouché des tôles.

Les tôles sont à peu près le seul produit qui sorte du département, et qui aille lutter sur le marché de Paris avec le produit des autres groupes d'usines de la France.

Le tableau suivant fait connaître le nombre des établissements en activité dans le département des Ardennes pendant les années 1830, 1834 et 1838.

DÉSIGNATION des ÉTABLISSEMENTS.	1829-1830. du 1er juillet 1829 au 30 juin 1830.	1834.	1838.
Hauts-fourneaux	22	24	27
Feux d'affinerie	43	42	46
Fours à puddler	18	23	21
Fours de chaufferie à la houille	10 ?	13	17
Martinets (feux de)	10	11	12
Machines à fendre	10	9	9
Chaufferies de petit fer à laminoir	1	3	3
Tréfileries	1	1	1
Chaufferies de platinerie	11	17	18
Laminoirs à tôle	13	15	21

En 1830, l'arrondissement de Sedan produisait deux fois plus de fer au charbon de bois que celui de Mézières. La fabrication à la houille était beaucoup plus développée dans ce dernier. Elle n'avait pas encore été introduite dans les arrondissements de Vouziers et de Rocroy. L'arrondissement de Sedan produisait à lui seul les trois quarts de la quantité totale de tôle. La fabrication

Digitized by Google

du fer fendu avait plus d'importance dans l'arrondissement de Mézières que dans celui de Sedan.

En 1834, chaque genre de production a pris en général du développement. La fabrication de la fonte moulée s'est accrue dans l'arrondissement de Sedan; la fabrication du fer à la houille a été introduite dans les arrondissements de Vouziers et de Rocroy, elle a reçu de l'extension dans les deux autres, tandis que la fabrication au charbon de bois est restée stationnaire.

En comparant 1834 et 1838, on trouve que la production de la fonte brute s'est accrue de plus du quart. Celle de la fonte moulée a été doublée dans les usines du pays de Vouziers et de Rocroy.

Dans l'arrondissement de Mézières, la quantité de fer au bois a eté augmentée de plus de moitié. Elle a peu varié dans celui de Sedan. Elle a sensiblement diminué dans celui de Vouziers.

La fabrication à la houille a pris une très-faible extension dans l'arrondissement de Mézières. Elle s'est un peu ralentie dans celui de Sedan. Elle a pris un développement considérable dans l'arrondissement de Vouziers.

Enfin la fabrication de la tôle a reçu une extension considérable dans les usines des arrondissements de Mézières et de Sedan.

Présentons maintenant le tableau de la production totale du département pendant chacune de ces neuf années :

Digitized by Google

Tableau de la production totale du département pendant chacune des neuf années, de 1829 à 1838.

DÉSIGNATION.	1829-30.	1830-31.	1831-32.	1832-33.	1833-34.	1834.	1835.	1836.	1837.	1838.
	q. m.	q. m.	q. m.	q. m.	q. m.	q. m.	q. m.	q. m.	q. m.	q. m.
Fonte brute de forge et en petite quantité de 2ᵉ fusion.	102 5	102.050	90.289	71.353	90.153	118.467	118.452	135.864	131.253	154.256
Fonte moulée de 1ʳᵉ fusion.	25.970	58.135	67.521	70.386	65.548	52.606	52.721	70.137	64.540	68.681
Fer (gros) au charbon de bois.	57.670	55.250	56.644	57.541	55.660	54.486	54.486	63.285	59.587	65.772
Fer brut en massiaux pour la fenderie, gros fer en barres, fer dégrossi au cylindre pour le laminoir à petit fer.	34.550	35.299	28.568	65.411	54.351	56.288	56.019	72.463	62.704	64.400
Petit fer au martinet, au laminoir, petit fer anglais.	6 100	9.066	10.256	11.439	9.236	7.387?	7.389?	10.287	12.000	11.700
Tôle (avec les rognures).	26 610	20.000	25.577	27.771	28.769	32.947	32.947	41.133	56.288	57.000
Fer fendu en verges.	53.810	29.735	30.698	36.526	58.993	54.815	54.815	57.715	56.190	54.148
Fil de fer et pointes.	•	2.000	2.400	2.293	3.250	3.100	3.100	4.000	3.405	3.350
Fer platiné.	4.260	3.350	3.474	4.461	4.097	5.840	5.800	6.780	6.949	5.380

Digitized by Google

Examen de ce tableau.

Ce tableau met en évidence plusieurs résultats qu'il importe de signaler.

En ce qui concerne : la fonte brute.

1° La quantité de fonte brute destinée à la fabrication du fer, et en très-petite quantité au moulage de deuxième fusion, s'est accrue dans l'intervalle que nous considérons de plus de la moitié de la quantité produite en 1830. La production avait diminué très-sensiblement dans les années 1831 et 1832.

La fonte moulée.

2° La quantité de fonte moulée, à partir de 1830, est restée à peu près la même pendant chacune des années de la période que nous considérons ;

Le fer au bois.

3° La production du fer au bois a subi peu de variations jusqu'en 1836. Elle s'est accrue de plus du cinquième dans les trois années 1836, 37 et 38. Cet accroissement correspond au grand développement qu'a pris la fabrication de la tôle.

Le fer à la houille.

4° La fabrication du fer brut et du gros fer à la houille, après être restée stationnaire en 1830, 31 et 32, a été doublée en 1833, et depuis elle a peu varié. Aujourd'hui, en 1839, elle diminue sensiblement. Elle a été portée à son maximum en 1836.

Le fer fendu.

5° La production du fer fendu, qui avait diminué de plus du tiers en 1831, 32, 33, s'est accrue de nouveau, et à partir de 1834 elle a égalé ce qu'elle était en 1830, en variant peu pendant les quatre années suivantes.

La tôle.

6° La fabrication de la tôle a pris un très-grand développement. Les quantités produites en 1837 et 1838 sont plus que doubles de la quantité fabriquée en 1829-30. Comme pour la plupart des

Digitized by Google

autres produits, il y a eu un ralentissement de production en 1831 et 1832.

Quantités de combustibles consommés par l'industrie du fer en 1830, 1834 et 1838.

En 1830 on a consommé pour la fabrication de la fonte : bois.	316.410
Et pour celle du fer.	133.085
Total. . .	449.495
En 1834 on a consommé pour la fabrication de la fonte : bois.	342.150
Et pour celle du fer.	125.736
Total. . .	467.886
En 1838 on a consommé pour la fabrication de la fonte : bois.	445.880
Et pour celle du fer.	151.800
Total. . .	557.680

Ainsi, 1 représentant la consommation en bois qui avait eu lieu en 1830, 1,33 est celle de 1838.

Consommation de la houille.

Quant à la consommation de la houille, elle s'est élevée en 1838 à 22,000 tonnes environ; en 1830 elle était au plus de 15.000 tonnes.

Quantité du fer produit comparée à la quantité de fonte obtenue dans les hauts-fourneaux du pays.

La quantité totale de gros fer au charbon de bois et à la houille, fabriquée en 1830, s'est élevée à 92.220 quintaux métriques. Soit 1.400 kil. la quantité de fonte consommée pour obtenir 1.000 k. de fer, on trouve que la consommation totale de la fonte équivalait à 129.108 quintaux métriques, laquelle dépasse de 26.538 quintaux la quantité de fonte brute produite dans les usines du département. C'est plus du quart de celle-ci. Cette fonte a été tirée des usines de la Belgique en partie, et en partie du nord des départements de la Meuse et de la Moselle.

En 1838 la quantité de fonte transformée en fer pouvait être évaluée à 186.000 quintaux métriques, qui dépassait la production de 31,744. C'est

Digitized by Google

environ le cinquième de celle-ci. La quantité de fonte brute produite s'est donc accrue dans une proportion plus grande que celle du fer.

Causes qui restreignent la fabrication de la fonte brute.

Ainsi que nous le verrons tout à l'heure, c'est le prix élevé du combustible qui seul empêche le développement de la fabrication de la fonte brute, et si l'on préparait dans les Ardennes une partie de la fonte totale, principalement la fonte destinée au moulage, avec du coke, on suffirait aisément à la fabrication du fer. Cet excédant de fonte serait facilement produit par trois hauts-fourneaux de la dimension de ceux du pays.

Prix des matières premières et prix de vente des produits de 1830 *à* 1838.

Le tableau suivant fait connaître le prix du charbon de bois dans les arrondissements de Sedan, Mézières et Rocroy.

ANNÉES.	ARRONDISSEMENT de Sedan. — Prix du quintal métrique.	ARRONDISSEMENTS de Mézières et Rocroy. — Prix du quintal métrique.
	fr. c.	fr. c.
1830	5,65	5,80
1831	6,23	5,70
1832	5,45	5,80
1833	5,42	5,80
1834	5,62	6,10
1835	6,07	6,10
1836	6,44	6,50
1837	7,56	7,50
1838	7,46	7,40

Digitized by Google

Dans l'arrondissement de Vouziers (1), Prix des charbons.

Le mètre cube de charbon du poids de 220 k., qui coûtait en 1830 12 francs, valait en 1828 17 fr. 50 c.

Soit en 1830, 5 fr. 45 c. le quintal métrique.

Et en 1838, 8 fr. *id.*

Il résulte de tous ces chiffres que le prix du charbon de bois, qui avait peu varié de 1830 à 1835, s'est élevé d'un septième en 1835 et 1836; puis en 1837 et 1838 de plus du tiers du prix de 1833. Variations du prix des charbons.

Prix de la houille.

Rendue au port de Bazeilles, la tonne de houille coûtait : Prix de la houille grosse et fine.

	Grosse houille.	Houille fine.
	fr. c.	fr. c.
En 1830	42,00	33,00
1831	42,60	33,50
1832	38,85	31,25
1833	36,60	29,00
1834	39,00	30,00
1835	39,62	31,50
1836	40,80	32,00
1837	42,00	32,00
1838	46,50	38,00

A quoi il faut ajouter 2, 4 et 6 francs pour le transport dans les diverses usines de l'arrondissement de Sedan.

Au port de Charleville les prix sont inférieurs

(1) Voir, pour plus de détails, sur les prix des bois et charbons depuis 1815, la Notice insérée dans les *Annales des mines*, t. XI, 1837.

Digitized by Google

de 4 fr. à 4 fr. 50 c. à ceux qui viennent d'être indiqués.

Variations dans le prix des houilles.

Il résulte des renseignements précédents que le prix de la houille qui avait baissé d'année en année jusqu'en 1834, s'est élevé, à partir de cette année, et que le prix de 1838 a été de plus de 13 p. 0/0 au-dessus de celui de 1833 pour la grosse houille, et de 20 p. 0/0 pour la houille fine.

Prix de vente des produits de 1830 à 1838.

Enumérons maintenant les prix de vente des divers produits pendant les années que nous considérons.

Pour la fonte.

Les fontes brutes de fer métis qui valaient, en 1830, 180 à 190 fr. la tonne, ne se vendaient plus à l'usine, en 1838, que 170 à 180 fr.

Celles de fer fort ont éprouvé une baisse sensible; elles sont descendues de 200 fr. prix de vente en 1830, à 190 fr. en 1838.

Pour le fer fort.

Le prix du fer fort fabriqué au charbon de bois a peu varié. En 1830 le prix était de 500 fr. la tonne, et en 1838 il était réduit à 480 fr.

Pour les fontes de moulage.

Celui des fontes de moulage est très-variable suivant la façon des pièces; il varie de 250 fr., prix des projectiles, à 375 et 400 fr. prix des pièces de machines, etc.

Le tableau suivant présente la moyenne des prix de vente d'un certain nombre de produits:

Digitized by Google

DÉSIGNATION DES PRODUITS.	PRIX DE LA TONNE (1.000 k.).						
	1832.	1833.	1834.	1835.	1836.	1837.	1838.
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
Fer fort rond, carré et bandelette.	595,60	549,00	589,20	595,52	581,70	611,80	561,05
Fer anglais *id.*	445,00	454,30	411,50	421,50	424,60	423,40	416,20
Fer fort (au charbon de bois) fendu. . . .	541,30	542,30	541,70	541,70	538,00	568,80	549,10
Fer métis, *id.*	504,90	452,30	483,80	490,20	487,60	513,50	495,90
Fer tendre *id.*	428,00	431,60	429,20	440,40	440,50	451,80	445,00
Fer métis anglais *id.*	400,00	392,30	408,80	416,00	409,70	401,20	377,70
Fer tendre *id.*	380,00	374,30	384,50	396,90	388,50	380,50	359,40
Fer laminé ou feuillard.	680,00	611,00	619,00	609,80	614,90	610,30	598,70
Tôles de fer fort.	688,00	710,00	717,60	715,80	705,60	685,00	655,40
Tôles de fer anglais.	655,00	»	628,00	»	»	595,50	596,00
Queues de poêle brutes.	580,00	515,30	509,60	501,30	505,90	500,00	»
Fil de fer.	745,00	768,00	793,50	821,60	818,10	731,80	631,40
Pointes.	1010,00	1000,00	904,41	954,30	1025,40	994,00	846,90

Digitized by Google

Observations sur ces prix.

Observons que les produits en fer fort au charbon de bois ont peu baissé (fers métis et fers fendus). Au contraire, tous les produits résultant de l'élaboration du fer fabriqué avec de la houille ont baissé considérablement en 1838.

Le prix des tôles de fer affiné a éprouvé aussi une grande réduction.

Prix en avril 1839.

Aujourd'hui (avril 1839) les prix sont encore inférieurs à ceux de 1838; ainsi :

Les tôles de fer affiné valent. . . .	635 fr.	10 c.
Le fer anglais (puddlé) au lieu de 370 fr. ne vaut plus que.	360	»
Les fers marchands de 460 fr. sont à	440	»
La fonte brute de 170 fr. est à . .	160	»

Variations des prix de 1832 à 1838.

Si nous comparons les prix en 1838 à ceux de 1832 et années suivantes pour les produits qui ont sensiblement varié, nous trouvons :

Sur les fers forts travaillés une baisse de. .	6 o/o
Sur les fers anglais fendus.	6 o/o
Sur les tôles de fer affiné.	5 o/o
Idem puddlé.	10 o/o
Sur le fil de fer.	18 o/o
On peut admettre sur les fontes brutes une baisse d'au moins.	6 o/o

II.

Examen des progrès survenus dans la fabrication.

Examinons sommairement quels sont les progrès survenus dans la fabrication de la fonte et du fer pendant les neuf années que nous considérons, afin de savoir si la baisse des prix que nous avons constatée est le résultat direct de l'amélioration des procédés, c'est-à-dire si, eu égard à cette amélioration, le bénéfice du producteur est toujours resté le même.

Digitized by Google

Fabrication de la fonte.

Hauts-fourneaux. Consommation en 1830.

En 1830, la consommation de charbon la plus générale pour 1.000 kil. de fonte était 1.600, 1.700 kil. et même 1.800 dans beaucoup d'usines.

Le prix des bois s'élevant par suite d'une plus grande production et de la concurrence de nouveaux établissements, on apporta plus de soin dans la conduite des fourneaux, dans le dosage des minerais et des fondants, et la consommation diminua sensiblement dans beaucoup d'usines. Celles du pays de Vouziers, qui obtenaient le bois à un très-bas prix en 1830, et dans lesquelles la consommation était énorme, entrèrent les premières dans la voie du progrès, quand le combustible vint à prendre une très-grande valeur. Au commencement de 1834, les usines de Champigneulle, des Bièvres, de Chéhéry, adoptèrent l'emploi de l'air chaud, qui avait eu un plein succès à l'usine de Mont-Blainville (Meuse), voisine de l'arrondissement, dans le traitement des minerais très-siliceux de cette localité. Cette introduction de l'air chaud amena une grande économie dans la consommation; mais il arriva alors ce qui se passe le plus souvent dans les usines quand on essaie un procédé nouveau. On porte son attention sur beaucoup de points accessoires; on met plus de soin dans le travail habituel, etc.; en sorte que l'amélioration qui survient ne doit pas être toujours attribuée exclusivement au nouveau procédé. On commettrait une grande erreur en attribuant à l'air chaud seul l'économie qui survint dans l'emploi du charbon. Certes une grande partie de l'améliora-

Emploi de l'air chaud.

Digitized by Google

tion lui est due; des soins particuliers, quelques modifications accessoires ont fait le reste.

C'est, pour le dire en passant, ce qui rend si difficile l'appréciation des résultats dus à tel ou tel procédé, et bien souvent on explique par l'introduction de la méthode nouvelle ce qui n'est que le résultat d'un meilleur travail, d'une plus grande assiduité. Toutefois, dans l'examen qui nous occupe, cette considération est peu importante; le fait qu'il faut signaler, c'est le progrès, quelle qu'en soit la cause, et il est incontestable.

Emploi du charbon roux dans l'arrondissement de Vouziers.

A partir de 1834 le procédé de carbonisation au gueulard, décrit dans les Annales des mines, fut introduit d'abord à l'usine des Bièvres et à l'usine de Mont-Blainville, et, en 1836, dans le haut-fourneau de Senac, qui adopta l'air chaud en 1837. Une nouvelle économie dans la consommation eut lieu dans ces usines. Les réflexions qui précèdent sont encore applicables dans l'appréciation rigoureuse des résultats obtenus, et dans la première appréciation de l'économie provenant de l'emploi du charbon roux, on n'a point tenu un compte assez exact des circonstances accessoires qui ont dû avoir une heureuse influence, indépendante du procédé nouveau. Quoi qu'il en soit, ces usines marchent aujourd'hui avec une très-grande économie relative, et l'on peut admettre qu'elles ne consomment guère que 11 à 12 stères de bois (cordé à la méthode ordinaire, c'est-à-dire sans un soin extrême), pour 1,000 kil. de fonte brute. Ces 12 stères, par la méthode de carbonisation en forêt, auraient produit environ 800 kil. de charbon. Or, dans la même localité, des fourneaux marchant à l'air chaud, traitant le même minerai, consomment 1.200 kil. de charbon, et cette marche doit être considérée

Digitized by Google

comme bonne. Il en résulte, sous le rapport de la consommation du combustible, une économie de près d'un tiers.

Emploi du charbon roux dans l'arrondissement de Sedan.

Le même procédé a été appliqué aux usines de Havaucourt et de Vandresse dans lesquelles il a apporté une économie d'un tiers sur la consommation première en bois. Mais la consommation totale n'y est pas aussi faible que dans les usines que nous avons citées précédemment; elle s'élève au moins à 16 stères ou 1.000 kil.

Il est vrai que ces fourneaux marchent en fonte très-grise et à l'air froid, et que les minerais sont beaucoup moins riches que ceux de l'arrondissement de Vouziers, dans le rapport de 32 à 45. Ces 16 stères donneraient en forêt environ 1.100 kil. de charbon. Les fourneaux que nous signalons en consommaient 14 à 1.500.

Emploi du charbon roux au fourneau de Chauvancy.

D'un autre côté, le haut fourneau de Chauvancy (Meuse) ne consommait autrefois en charbon de forêt que 5^{mc},50 par 1.000 kil. de fonte avant l'emploi du charbon roux; c'était 1.265 kil. de charbon, qui proviendraient en forêt de 17 stères. (Il est question ici de bois denses de bonne qualité.)

L'emploi du charbon roux n'a amené aucune économie. Le fourneau marche au vent froid, le minerai rend 34 pour o/o (1).

---

(1) M. Boutmi, directeur des établissements dans lesquels est compris le fourneau de Chauvancy, vient de m'adresser, sur la marche de ce fourneau, des renseignements précis. Il en résulte que le fourneau marchant en fonte de fer fort, on a consommé 1.000 kil. (5^{mc},56) de charbon de forêt. On employa ensuite un mélange de charbon noir et de charbon roux, et l'on fit les 1.000 kil. de même fonte avec 3^{mc},07 de charbon noir et 2 cordes 61. La corde rend

Emploi du charbon roux dans l'arrondissement de Mézières.

Les hauts fourneaux des Mazures et de Saint-Nicolas, arrondissement de Rocroy, qui ont adopté la carbonisation au gueulard, ont éprouvé une diminution sensible dans la consommation totale rapportée au bois, mais leur marche est loin d'être économique. Cela peut tenir et tient probablement à beaucoup d'autres circonstances relatives aux dimensions des fourneaux, à la faiblesse de la soufflerie, etc.

L'usine de Phade, qui traite les mêmes minerais, marche au bois carbonisé, et n'emploie guère que 15 stères à l'air froid (1).

Consommation moyenne dans les hauts-fourneaux des Ardennes.

En résumé, au lieu de 1.600, 1.700 et 1.800 kil. de charbon que l'on consommait autrefois pour produire 1.000 kil. de fonte dans les hauts fourneaux des Ardennes, il faut admettre aujourd'hui une consommation de 12, 15 et 16 stères de bois dans les fourneaux qui emploient le charbon roux; 1.200 kil. de charbon pour quelques-uns et 1.400 kil. et même 1.600 kil. pour un très-grand nombre d'autres, qui sont loin d'avoir atteint la limite qu'on est en droit d'espérer.

---

exactement en forêt le mètre cube de charbon. Dans la marche au charbon roux, $2^{m.c.}$,61 remplacèrent $2^{m.c.}$,49 de charbon nécessaire dans l'ancienne marche. Or ces $2^{m.}$,61 rendant en forêt $2^{m.c.}$,61 de charbon, il en résulte que le désavantage est du côté du nouveau procédé. Dans la première marche le minerai rendait 34,56 p. 0/0, et 234 charges ont produit 12.606 kil. de fonte.

Dans la deuxième le minerai rendit 35,64 p. 0/0, et 234 charges produisirent 11.760 kil. Il y a donc eu, par suite de la marche au charbon roux, une diminution dans la production journalière. C'est du reste un fait généralement observé.

(1) Tous ces fourneaux viennent d'adopter l'air chaud. Leur marche est devenue plus satisfaisante et plus économique.

Digitized by Google

Fabrication du fer au charbon de bois.

Nous avons à signaler moins de progrès dans cette fabrication que dans la précédente. Jusque dans ces derniers temps, l'affinage s'est fait avec aussi peu d'économie qu'autrefois, et en ce moment encore un grand nombre de feux de forge travaillent absolument comme en 1830. La consommation y est au moins de 1.500 kil. de charbon.

Feux de forge. Affinage. Consommation en 1830 et consommation actuelle.

Quelques-uns ont adopté l'emploi des feux couverts et ont utilisé la flamme perdue du foyer pour échauffer les pièces qui doivent passer à l'affinage. Une économie très-notable est résultée de cette disposition. Elle est évaluée au moins à un cinquième. Quelques maîtres de forge prétendent que la qualité du fer en a souffert, que la fusion se fait trop promptement, etc.; d'autres n'ont remarqué aucune différence dans la qualité du produit. La nouvelle disposition peut exiger quelques modifications dans les dimensions et l'arrangement du creuset.

Emploi des feux couverts.

Fabrication du fer en massiaux et en barres à la houille.

Des soins particuliers dans la construction des fours et dans la conduite de l'opération ont été apportés dans quelques usines; dans d'autres l'opération du puddlage n'a fait aucun progrès; les consommations y sont très-fortes, et la qualité du produit n'est pas celle qu'on pourrait attendre des matières employées.

Fours à puddler.

Fendage, étirage, laminage.

Ces diverses opérations ont reçu en général

Fenderies et laminoirs.

Digitized by Google

beaucoup de perfectionnement depuis quelques années. On a substitué aux anciennes machines à fendre des fenderies anglaises bien construites. Le fendage lui-même a été simplifié. Dans la plupart des usines, en 1830, le fer brut en massiaux était toujours transformé en barres avant de passer à la machine à fendre. Il y avait alors un réchauffage intermédiaire. Depuis on a opéré généralement d'une manière plus économique; les massiaux réchauffés passent directement aux cylindres de fenderie.

La méthode générale est la méthode champenoise.

La méthode mixte ou champenoise est plus généralement adoptée; quelques usines cependant ont pris le mode d'étirage aux cylindres. Récemment l'usine de Chéhéry, arrondissement de Vouziers, vient d'être transformée en usine à l'anglaise. Le fer brut en massiaux est comprimé d'abord, puis il passe aux cylindres dégrossisseurs; les barres obtenues sont coupées en morceaux, et l'on opère le corroyage. Les trousses passent aux cylindres étireurs et finisseurs. Pour les fers de carrossage et les petits fers, un nouveau réchauffage et un nouvel étirage sont nécessaires.

Le laminage s'opère avec plus de précision.

Le laminage s'opère maintenant avec beaucoup plus de précision, de soin et d'économie qu'au commencement de la période que nous considérons. Les machines sont mieux construites. Certaines usines fabriquent très-bien les tôles fines, qui exigent des cylindres tournés avec un soin extrême, etc.

L'art métallurgique est arriéré.

En résumé, la partie mécanique de la fabrication à la houille a fait beaucoup de progrès; mais l'art métallurgique est encore fort arriéré. C'est à peine si l'on a songé, dans les Ardennes, à utiliser la flamme perdue des divers feux.

Digitized by Google

Fabrication du petit fer à la houille et du fer de platinerie.

Platinerie et poêlerie. Quelques détails sur cette fabrication.

Cette fabrication, quoique secondaire, est fort intéressante; elle occupe une nombreuse classe ouvrière, et donne naissance à la poêlerie, qui peut être considérée comme une spécialité dans le département des Ardennes. Avant 1830, le fer destiné à la fabrication des queues de poêle, fléaux de balances, etc., était fabriqué au bois. Depuis, le fer à la houille a été substitué à celui-ci, et les produits ont pu être livrés à un prix beaucoup plus bas. Autrefois aussi les fabricants de fer platiné de poêle achetaient dans les usines voisines leurs fers préparés; depuis ils ont, pour la plupart, établi des feux d'affinerie où ils ont produit eux-mêmes les éléments de leur première industrie. Il en est résulté que cette fabrication a pris beaucoup d'extension et souvent un développement démesuré. De là encombrement de produits et baisse de prix. D'un autre côté, on a substitué à ces ustensiles des vases en fonte émaillés et des casseroles d'une autre forme. La poêlerie des Ardennes a beaucoup souffert de cette concurrence.

Une baisse de prix très-grande est survenue, et les poêles, qui se vendaient en 1833, 1834 et 1836 850 fr. et 880 fr. la tonne, sont venus en 1837 au prix de 800 fr. et à celui de 760 fr. en 1838. La baisse des prix est survenue immédiatement après une trop forte production, et telle usine qui fabriquait en 1836 60.000 kil. de poêles n'en a plus fait en 1837 que 35.000 et 30.000 en 1838.

Consommation.

Avec l'importance actuelle des usines, la fabri-

Digitized by Google

totale de la poêlerie en France. cation de la poêlerie dans les Ardennes pourrait être portée annuellement à 1.000.000 kil. Or, la France n'en consomme pas plus de 500.000 kil.

Je ne suis entré dans ces détails sur cette fabrication secondaire que parce qu'elle est spéciale au département des Ardennes. Elle est concentrée dans une petite vallée du département.

Progrès dans la platinerie.

Pour revenir à l'objet qui nous occupe, disons que la platinerie et la poêlerie, comme la plupart des autres branches, ont fait quelque progrès. On a adopté un meilleur mode de découpage, de soudage, etc., etc.

Résumé des progrès.

De tout ce que nous venons de dire touchant les progrès de l'industrie du fer depuis 1830, il résulte :

1° Qu'il y a eu économie considérable dans la consommation des combustibles aux hauts-fourneaux ;

2° Que les feux d'affinerie au charbon de bois n'ont pas, en général, reçu beaucoup d'améliorations ;

3° Que le puddlage se pratique avec plus de soin, mais que cependant cette opération n'est pas conduite avec l'économie désirable ;

4° Que la partie mécanique de la fabrication, laminage, étirage, fendage, se fait avec plus de précision et d'économie.

Les bénéfices du fabricant ont diminué.

De toutes ces considérations, on est en droit de conclure que les progrès n'ont pas été tellement grands qu'ils soient la seule cause de la diminution du prix de vente. Du reste, si cette diminution avait été la suite immédiate de ces progrès, les bénéfices du fabricant seraient restés proportionnellement les mêmes. Or, il est facile de faire

Digitized by Google

voir que les limites entre lesquelles le bénéfice est compris se sont rapprochées de 1834 à 1837. Pour cela nous avons calculé la valeur générale de l'industrie du fer créée dans ces deux années et les éléments de cette valeur générale. 1834 était une année prospère pendant laquelle les bénéfices réalisés ont été très-considérables. 1837 est comparable à 1838, c'est l'époque à laquelle le prix des combustibles s'est élevé considérablement, et les prix de vente ont baissé dans une forte proportion.

La valeur générale créée par l'industrie du fer est la différence entre la somme de toutes les valeurs des divers genres de produits à partir de la fonte exclusivement, et la somme des valeurs des produits métalliques qui ont été traités comme matières premières et transformés en produits définitifs et marchands.

Définition de la valeur générale créée par l'industrie du fer.

Les éléments de la valeur générale sont :

Éléments de cette valeur.

1° La valeur du minerai de fer préparé ;

2° La valeur des combustibles ;

3° La main-d'œuvre ;

4° Les frais généraux, intérêts de capitaux, bénéfices, etc.

En appliquant aux années 1834 et 1837 les prix de vente et des matières premières dans chaque usine, faisant pour chacune d'elles l'état de la fabrication avec les consommations en minerais, matières premières métalliques, etc., on a trouvé : 1° que la valeur créée en 1834 par l'industrie du fer des Ardennes, s'élève à 6.663.706 fr. et que les intérêts de capitaux, les frais généraux et les bénéfices entrent par les 46 centièmes dans la valeur totale; 2° que la valeur créée en 1837

s'élève à 7.686.366 fr., et que les intérêts, frais et bénéfices n'entrent que pour les 38 centièmes; en 1838 cette fraction est encore moindre. Les limites entre lesquelles est compris le bénéfice se sont donc rapprochées de 1834 à 1837 et 1838.

Calcul des prix de revient.

Entrons maintenant plus spécialement dans les détails de la fabrication de la fonte et du fer, et cherchons à calculer aussi exactement que possible les bénéfices qui résultent de cette fabrication.

Fabrication de la fonte.

Prix de revient de la fonte brute.

Calcul du prix de revient:

1° *Minerais.* Le prix du minerai est assez variable d'une localité à l'autre et suivant la qualité de la fonte que l'on veut obtenir. Admettons qu'il s'agisse de fonte métis, les localités les mieux placées emploieront pour 35 fr. de minerai pour obtenir 1.000 kil. de fonte. C'est ce qui a lieu exactement dans l'arrondissement de Vouziers et de Mézières. Les usines de l'arrondissement de Sedan mettent en général pour une valeur plus considérable de minerais.

	fr. c.
Supposons aussi qu'il s'agisse d'un haut-fourneau faisant 80.000 kil. par mois, c'est un maximum pour la plupart des usines, soit 10 mois de marche, on aura, *minerai*	35,00
2° *Castine.* La castine rendue à l'usine coûte au moins 8 fr. le mètre cube. L'approvisionnement pour 800 tonnes peut être de 100 m. c. à 8 fr., soit par tonne. . .	0,95
A reporter.	35,95

fr. c.

Report. . . 35,95

3° *Charbon*. Soit un minimum de 1t,40, tout déchet compris par tonne de fonte (pour un fourneau des arrondissements de Sedan, Mézières ou Rocroy). On a vu qu'en 1838 le quintal métrique de charbon coûtait en moyenne 7 f. 46c. dans les arrondissements en question, soit charbon. 105,00

4° *Main-d'œuvre*:

1 maître fondeur à. . .	60 f. par mois.	
2 sous-fondeurs à. . . .	100	
2 chargeurs à 35 fr. . .	70	
1 remplisseur de rasses à	30	
1 brouetteur à.	30	
2 journaliers à 20 f., ci.	40	

Total. . . . . . 330 f. par mois, ou 3.960 fr. par 800 tonnes, soit par tonne. 4,95

5° *Frais de régie et de bureau*. Environ 2.500 fr. pour 800 tonnes, soit. 3,12

6° *Entretien de l'usine*, *patente et contribution* à raison de 2.500 fr. pour le tout, soit. 3,12

Total du fonds de roulement par tonne. 152,14

7° *Intérêt de ce fonds à 5 p. 0/0 pendant un an*. 7,61

8° *Intérêt du capital de l'établissement*. Une usine comme celle que nous considérons peut être évaluée au moins à 80.000 fr. dont l'intérêt à 5 p. 0/0 égale 4.000 fr., soit par tonne. 5,00

A reporter. . . . 164,75

Digitized by Google

	fr. c.
Report. . . .	164,75
Prix de revient de la fonte en gueuse sur place.	164,75

Or, en 1838 cette fonte se vendait 170 fr., d'où bénéfice net par tonne 5 f. 25 c. ou 3,2 p. 0/0 du prix de revient. Mais de plus la vente ne se faisant pas au comptant il faudrait encore déduire de ce prix de 170 fr. un escompte. Aujourd'hui ces mêmes fontes se vendent 160 fr.

Bénéfice de la fabrication de la fonte en 1835.

En 1834 au contraire le quintal de charbon ne coûtait que 5 f. 60 c. dans les arrondissements que nous considérons. En admettant une consommation de 1^t,50 par tonne et faisant le calcul précédent avec ces données, on trouve pour prix de revient de la fonte 139 fr. 9 c. Cette fonte se vendait au moins 175 fr. Soit bénéfice 35 f. 91 c. ou 26 p. 0/0 du prix de la fabrication.

Prix de revient de la fonte en 1834.

Bénéfice.

Je ne ferai pas le calcul analogue pour la fonte de moulage. Cette industrie est prospère et rapporte encore des bénéfices satisfaisants. Ces bénéfices n'ont pas lieu dans la production de la fonte brute, mais bien dans la transformation de cette fonte en objets moulés.

Fabrication du fer au charbon de bois.

Considérons un feu faisant 200 tonnes de fer métis en barres :

Calcul du prix de revient du fer au charbon de bois.

1° *Fonte*. 1^t,40 à 165 fr., prix sur place, soit.	231,00
2° *Charbon de bois*. 1^t,40 par tonne (c'est un minimum), à 75 fr. la tonne, soit.	105,00
A reporter. . . .	336,00

Digitized by Google

	fr. c.
Report. . . .	336,00
3° *Main-d'œuvre :*	
2 affineurs, 2 marteleurs, 2 goujats, 1 remplisseur, } payés à la tâche, en tout 27 fr. par tonne, soit.	27,00
4° *Frais de régie et de bureau*, environ 300 fr. par an pour un feu, soit par tonne.	1,50
5° *Contribution, entretien de l'usine, patente*, etc. Soit au moins 2.000 fr. par an, d'où par tonne.	5,00
Fonds de roulement par tonne.	369,50
6° *Intérêt de ce fonds à* 5 *p.* o/o. . . .	18,48
7° *Intérêt du capital.* Soit 20.000 fr. la valeur d'une telle usine avec tous les accessoires, marteaux, etc. C'est à 5 p. o/o 1.000 fr. à répartir entre 200 t., soit.	5,00
Prix de revient d'une tonne de fer affiné.	392,98

C'est le fer de 440 fr. dont il faudrait encore déduire un escompte. Le bénéfice par tonne est donc de 47 fr. ou 11 p. o/o du prix de revient. Bénéfice.

Ainsi que nous l'avons observé, c'est cette fabrication qui a senti le moins vivement l'influence de la crise commerciale.

Il est inutile de faire le calcul avec les prix du charbon en 1834 pour démontrer que le bénéfice devait être très-considérable.

Digitized by Google

Fabrication du fer brut ou massiaux au four à puddler.

Calcul du prix de revient du fer brut à la houille.

Considérons un four à puddler en pleine activité et faisant annuellement 600 tonnes.

	fr. c.
1° *Fonte.* On consomme par tonne de massiaux $1^t,11$ à $1^t,15$, soit $1^t,125$ de fonte brute à 165 fr., de revient. . . .	185,63
2° *Houille.* La consommation est assez variable d'une usine à l'autre; on consomme 550, 600, 700 et même 750 kil. par tonne. Soit 650 kil. une consommation moyenne. Le prix de la houille varie aussi d'une localité à l'autre. Soit a le prix du kil., on aura.	650 a
3° *Main-d'œuvre.* Les ouvriers sont payés à la tonne du produit; on peut admettre 11 fr. en moyenne, soit.	11,00
4° *Frais de régie et de bureau.* Pour un seul four cette quantité est minime; il est du reste assez difficile de l'apprécier, le même employé pouvant être chargé de diverses fonctions. Soit un minimum de 300 fr. à repartir entre les 800 tonnes.	0,50
5° *Entretien*, etc. L'entretien est assez considérable, soit au moins 2.000 fr. par an pour le tout, d'où.	3,33
Fonds de roulement.	185,63 + 650 a
6° *Intérêt de ce fonds à* 5 *p.* 0/0.	$\frac{185^f,63+650a}{20}$
7° *Intérêt du capital.* Soit 20.000 fr. la valeur d'une telle usine avec le marteau cingleur, cours d'eau, accessoires, etc., on aura 1.000 fr. à répartir entre 600 t. Soit par tonne.	1,67

Digitized by Google

Prix de revient de la tonne de massiaux. . . . . $\frac{21\,(185^{f.},63+650a)+33^{f.},40}{20}$

Considérons l'arrondissement de Sedan dans lequel les houilles destinées au puddlage revenaient en 1838 au moins à 48 fr. la tonne, soit $a=0^{f.},048$.

Le prix des massiaux aurait été alors de 229 fr. 30 c. Leur prix de vente à cette époque pouvait être 250 fr. Soit bénéfice (abstraction faite de l'escompte) 21 fr. ou 10 p. o/o environ du prix de revient. Bénéfice.

Observons que nous avons adopté pour prix de la fonte brute le prix de revient à l'usine. Or, il est très-peu de fours à puddler placés près du haut-fourneau même, et il faudrait ajouter au prix de la fonte celui de son transport. D'un autre côté nous avons adopté certainement un minimum pour la plupart des frais divers. La production de 600 t. par an que nous avons admise est aussi un maximum pour les usines des départements. Il résulte de là, et il est inutile de refaire le calcul pour le démontrer, que dans les localités où la houille est d'un prix plus élevé, le prix de revient est bien près du prix de vente.

Fabrication du fer en barres à la houille.

Si maintenant nous considérons une chaufferie faisant 600 tonnes, on aura le tableau suivant : Calcul du prix de revient du fer en barres à la houille.

	fr. c.
1° *Massiaux*. $1^{t},25$ au prix de revient de 230 fr.	287,50
2° ***Houille fine***. 500 kil. par tonne du prix de 40 fr.	20,00
A reporter. . . .	307,50

	fr. c.
Report. . . .	307,50
3° *Main-d'œuvre*, par tonne.	10,00
4° *Régie*, etc. (comme plus haut). . . .	0,50
5° *Entretien*, etc. *Idem*. (C'est sans contredit un minimum.).	3,33
Fonds de roulement.	321,23
6° *Intérêt de ce fonds à* 5 *p*. 0/0.	16,07
7° *Intérêt de l'usine* (comme à l'exemple précédent.	1,67
Prix de revient d'une tonne de fer en barres.	339,07

Bénéfice.

Ce fer se vend 360 fr. Soit bénéfice 20 fr. ou 6 p. 0/0 du prix de la fabrication, dont il faut encore déduire un escompte. Nous ne présenterons pas de tableaux analogues pour les opérations du fendage et du laminage; nous manquons de données suffisantes relatives à l'entretien des usines où l'on pratique ces opérations.

But principal des renseignements précédents.

Du reste, les documents qui précèdent ont été présentés plutôt dans le but de faire connaître exactement les consommations et la main-d'œuvre que dans celui d'arriver à une évaluation précise des bénéfices, évaluation qu'il est fort difficile d'obtenir.

Conséquence à déduire de ce qui précède. Diminution des bénéfices.

Il ressort toutefois de ce qui précède que, dans la plupart des fabrications, les bénéfices ont été réduits considérablement. On peut du reste tirer la même conclusion, en ce qui regarde la tôle et le fer fendu, par les considérations suivantes :

Considérations sur la fabrication du fer fendu.

Dans la fabrication directe du fer fendu avec les masssiaux, on emploie par tonne du produit:

Digitized by Google

	fr. c.
1^t,10 à 1^t,20 de massiaux, soit au prix de revient de 230 fr.	276,00
Environ 400 kil. de houille mêlée, à 40 fr. au moins dans une usine bien située. . .	16,00
Façon, tout compris, généralement. . .	10,00
Total.	302,00

Ce fer se vend 355 à 360 fr. rendu à Charleville; il reste donc au plus 60 fr. pour l'intérêt du fonds de roulement, l'entretien de l'usine, lequel est très-considérable, l'intérêt du capital considérable aussi (ces usines exigent une grande force motrice), etc., etc., le bénéfice, et le transport à Charleville.

Considérations sur la fabrication de la tôle.

Dans la fabrication de la tôle, il faut par tonne

1^t,15 de fer à laminer de la valeur d'au moins 440 fr., soit.	506,00
1^t,50 de houille à 40 fr. au moins la tonne.	60,00
Façon : On admet généralement. . . .	35,00
Total.	601,00

A quoi il faut ajouter tous les frais indiqués précédemment. Cette tôle se vendait 640 fr. à la fin de 1838.

Conclusions générales.

La conclusion à tirer de tout ce qui vient d'être dit, c'est que la baisse a été assez forte en 1838 pour rendre très-petits les bénéfices résultant de certaines fabrications, pour les rendre nuls, et peut-être négatifs dans quelques usines placées dans des conditions moins avantageuses que les autres.

Digitized by Google

L'industrie du fer est dans un état très-critique dans les Ardennes.

Cette baisse étant devenue plus forte en 1839, on doit admettre que le commerce du fer des Ardennes est dans un état de crise plus grave que celui de 1831.

III.

Observations générales.

Si nous jetons un coup d'œil sur ce qui précède, nous voyons qu'après l'époque de crise commerciale qui a suivi la révolution de 1830, et pendant laquelle la production de chaque genre de fabrication avait notablement diminué, est venue une période très-florissante en 1833, 1834 et 1835. Dans cette période, le prix des matières premières était peu élevé relativement aux prix de vente; c'est dans cette phase que la production des divers genres s'est accrue rapidement, que de nombreux établissements ont été créés. Puis la concurrence trop grande, quelques circonstances particulières en Belgique, telles que la reprise d'anciennes forges restées inactives, le développement subit et exagéré de l'industrie du fer à la houille dans les environs de Liége et de Charleroy, ont causé l'élévation des prix des combustibles. Les prix de vente ont successivement baissé, la prospérité des forges a diminué d'année en année; enfin, en 1838, les prix de revient ont été tels, comparés aux prix de vente, que l'industrie a été réellement souffrante et que les bénéfices sont devenus très-minimes, pour ne pas dire nuls, dans certaines usines, et pour certains produits que nous avons signalés. Enfin la crise est devenue plus grave à la fin de 1838, et elle a continué toujours en croissant jusqu'à ce jour. Aussi, la plupart des

Période florissante.

Elévation des prix des combustibles.

Digitized by Google

industriels ont-ils réduit leur fabrication, et l'année 1839 sera certainement loin de présenter une production comparable à celle de l'année précédente.

Avenir.

Ce ralentissement dans la fabrication, la suppression même de certaines usines mal placées, la réduction dans des proportions raisonnables de l'accroissement exagéré qu'avait pris l'industrie du fer en Belgique, réduction forcée survenue déjà en grande partie, mais malheureusement avec des circonstances qui attaquent toujours le crédit public, amèneront nécessairement la fin de la période critique, en amenant la baisse des prix de la houille et du bois surtout, dont l'augmentation de valeur n'était point en rapport avec l'accroissement de la production.

Ajoutons que les travaux pour l'amélioration de la navigation de la Meuse qui s'exécutent en ce moment, tout le soin qu'on apporte dans l'entretien des anciennes voies de communication et dans la confection des nouvelles, auront une heureuse influence sur l'avenir de l'industrie des Ardennes.

Mais il est nécessaire que les industriels s'aident eux-mêmes; il est nécessaire qu'ils suivent avec prudence et discernement la voie du progrès, qu'ils étudient ce qui se fait autour d'eux. Malheureusement, en général, les maîtres de forge manquent complétement de la science qui fait la base de leur importante industrie, et ils ne cherchent guère à y suppléer par l'étude de ce qui se pratique dans des localités plus avancées.

L'industrie du fer des Ardennes présente,

Digitized by Google

comme nous l'avons déjà observé, ce caractère particulier qu'une très-grande partie des produits des usines est consommée dans le pays même en servant de matière première à des industries secondaires. Au nombre de ces industries secondaires, nous devons citer la clouterie de Charleville, la fabrication des enclumes et étaux dans les environs de Sedan, la poêlerie de Givonne, toute la ferronnerie, la fabrication des fiches et équerres, des boucles et des dés à coudre, etc.

Parmi ces industries, la clouterie joue un rôle très-important; les Ardennes, le nord de la Meuse, les usines d'Hayanges produisent le fer fendu qu'elle consomme. La quantité de clous fabriqués s'élève annuellement à 8 ou 9 millions de kilog. au prix moyen de 1 fr. le kilogr. (1).

La quantité des produits qu'on livre à l'exportation, surtout vers Paris, a augmenté dans ces dernières années : c'est principalement de la tôle et quelques fers d'échantillon. Il est probable que cette quantité s'accroîtra encore, car le département des Ardennes réunit tous les éléments nécessaires pour lutter dans la fabrication du fer à la

(1) Cette industrie, fort ancienne dans le pays, est très-arriérée; elle a fait peu de progrès. Le déchet dans la fabrication est énorme; il s'élève, en moyenne, à plus de 33 p. 0/0 sans qu'il y ait de rognures. Toute cette perte a lieu pendant le chauffage du fer. Les clous sont fabriqués par des ouvriers qui travaillent isolément aux environs de la ville, et c'est ce qui explique leur routine. Il faudrait une surveillance générale, etc., etc.

Digitized by Google

houille avec la Haute-Marne, surtout quand les houilles y reviendront à un prix inférieur au prix actuel, et que les voies de transport vers Paris seront améliorées. Observons que le coke peut être substitué au charbon de bois dans les hauts-fourneaux pour la fabrication des fontes de moulage, et que si cette substitution devient générale, comme la force des choses l'amènera nécessairement, le charbon de bois réservé à la fabrication spéciale des fontes de forge reviendra à des prix peu élevés.

C'est aux maîtres de forge à gagner du temps, et à étudier cette question avec tout le soin qu'elle mérite.

Cette substitution du coke au charbon de bois pour les fontes de moulage; l'amélioration des procédés de la carbonisation en forêt, livrée jusqu'ici à la routine; l'étude des modifications à apporter à cette opération pour obtenir directement un charbon roux de couleur brune et bien homogène; l'emploi raisonné des flammes perdues, soit pour le chauffage des machines à vapeur destinées au soufflage et aux divers mécanismes des usines, soit pour le chauffage des foyers dans la fabrication de la tôle, du fer fendu, etc., etc., soit pour le puddlage ou d'autres opérations métalliques, amèneront sans contredit une ère nouvelle dans la forgerie, et feront renaître des années prospères. Toutefois, dans l'intervalle des périodes critiques, certains établissements placés dans une position désavantageuse doivent succomber; mais c'est là un mal particulier; aux phases malheureuses succèdent des périodes florissantes; le bien-être

Digitized by Google

des consommateurs, c'est-à-dire du plus grand nombre, est toujours la conséquence de ces oscillations.

Digitized by Google

EXTRAITS

Des mémoires de l'Académie des sciences de Berlin ;

Par M. DE HUMBOLDT.

(Traduits par M. LALANNE.)

Lecture faite par M. Ehrenberg, sur des espèces de la formation crétacée, que l'on trouve en grand nombre vivant actuellement.

Les recherches les plus exactes et les plus récentes ont toujours contribué à accréditer de plus en plus l'opinion que les couches de la mollasse et des terrains tertiaires, à la partie supérieure de la croûte du globe, sont les seules où l'on trouve des débris fossiles d'animaux qui se rapportent non-seulement aux genres, mais aussi aux espèces qui vivent encore aujourd'hui à la surface de la terre, et qu'au contraire, toutes les formes organiques que l'on rencontre dans la craie de formation secondaire, aussi bien que dans les terrains oolithiques et de transition dont le gisement est encore inférieur, diffèrent complétement des espèces vivantes. On a fondé sur ce résultat de l'observation la théorie du développement des masses de l'organisme, et l'on a considéré comme de création absolument postérieure, en y comprenant l'homme, toutes les espèces organisées actuelles, dont les prototypes, en général et en particulier, sont conservés par fragments dans les couches intérieures et primitives du globe. On a encore annoncé comme un résultat de la science des fos-

siles, que les organisations actuellement vivantes, même celle de l'homme, étaient le développement et le perfectionnement successifs et périodiques des formes qui gisent dans les profondeurs de la terre et qui ne vivent plus aujourd'hui.

Les recherches physiologiques délicates de Cuvier établirent une séparation rigoureuse entre les animaux vertébrés du monde primitif et ceux du monde actuel. Plus tard, MM. Léopold de Buch et Deshayes ont établi positivement le même phénomène dans de nombreuses formes de coquillages. Les recherches de M. Milne Edwards sur le genre Eschara ont encore démontré récemment, avec la même rigueur scientifique, que pas une seule des nombreuses espèces fossiles (27) de la formation oolithique et crétacée ne se rapporte aux espèces vivantes; et les travaux récents auxquels M. Agassiz s'est livré avec étendue et profondeur, sur les poissons fossiles, conduisent à un résultat semblable. MM. Deshayes et Lyell réunissent ces résultats dans un ordre systématique, et le dernier, géologue anglais rempli de sagacité et riche d'expérience, a établi en principe que, d'après les recherches les plus attentives, ni dans la formation oolithique et de transition, ni dans la craie de la formation secondaire, on ne trouvait de débris des espèces organisées actuellement vivantes, mais qu'on en rencontrait seulement dans les terrains tertiaires les plus modernes. Il partagea donc l'époque tertiaire en quatre périodes ou formations : l'*Éocénique* ou période de crépuscule, la plus ancienne de celles qui renferment des formes organiques actuelles, dans les couches de laquelle les espèces vivant aujourd'hui se rencontrent pour la première fois et en petit nombre; la *Miocaénique*, où l'on en trouve

Digitized by Google

un peu moins ; la *Pliocaénique ancienne*, un peu plus que la moitié ; et enfin la *Pliocaénique moderne*, où l'on trouve que la presque totalité des débris fossiles appartiennent à des espèces vivant maintenant.

Dans cet état de la science, il a paru convenable à l'auteur de communiquer à l'académie certaines observations qui diffèrent des précédentes, observations qu'il a pu réunir dans les dernières vacances d'été, et qui sont un développement de quelques autres recherches publiées par lui au commencement de cette année.

Il a démontré dans un mémoire déjà imprimé sur la formation de la craie, non sans avoir lui-même hésité quelque temps, que, dans la craie non douteuse de Rügen, on peut reconnaître une forme d'Infusoires à carapace siliceuse qui ne diffère pas essentiellement de la *Gallionella aurichalcea* vivant maintenant. On a aussi trouvé, dans la craie non douteuse de Gravesand, les carapaces siliceuses de deux Infusoires qui ne pouvaient être distingués de la *Fragilaria rhabdosoma* et de la *F. striolata*, aujourd'hui vivantes. Deux autres espèces, la *Synedra ulna* et la *Navicula ventricosa*, furent observées dans une marne d'Oran, appartenant probablement à la formation crétacée ; une sixième espèce vivante, l'*Eunotia zebra*, fut signalée dans une marne probablement crétacée, de la Grèce. Au contraire, la masse principale des couches qui constituent les marnes crayeuses du bassin de la Méditerranée avait été signalée comme renfermant des genres probablement entièrement détruits, dont les nombreuses espèces se réduisent à six types très-distincts, et qui sont entièrement inconnues parmi celles de notre époque.

Digitized by Google

Un voyage à Rügen et sur la partie du littoral danois, assez riche en êtres organisés, que baigne la Baltique, la plus voisine, mais la plus pauvre des mers, voyage entrepris dans le but d'examiner à l'aide du microscope ces fossiles remarquables, et d'éclaircir les questions qui s'y rattachent, a donné ce résultat auprès de Kiel, qu'un des genres éteints en apparence, *Dyotiocha*, vit encore maintenant dans la Baltique; et il est même maintenant hors de doute que l'espèce vivante observée est bien véritablement la *Dyotiocha speculum* de la marne crayeuse d'Oran, de Caltanisetta et de la Grèce, telle qu'elle a déjà été représentée Pl. IV, fig. 10 du mémoire sur la craie.

Cette observation décida l'auteur à pousser son voyage jusqu'à la mer du Nord auprès de Cuxhaven. Là, les résultats de ses recherches furent féconds au delà de toute attente. Dans un seul seau d'eau puisée à haute mer pendant le flux, on ne trouva pas moins de sept espèces de ces formes animales qui étaient restées inconnues jusqu'à présent, et que fournissent les marnes crayeuses de Sicile, d'Oran, de Zante et de Grèce. On trouva quatre des espèces qui se présentent le plus souvent à l'état fossile, du genre *Coscinodiscus*, si énigmatique jusqu'à présent, et qui n'avait pas encore été observé vivant, savoir : *C. patina*, *C. radiatus* (espèce autrefois confondue avec la première), *C. argus*, *C. minor*.

Le genre *Actinocyclus*, que l'on ne connaissait jusqu'à présent qu'à l'état fossile, fournit aussi à l'état vivant l'espèce *A. senarius* qui a six rayons et qui, appartenant à la marne crayeuse, a été figurée à la Pl. XXI de l'ouvrage sur les Infusoires; et l'on put examiner d'une manière très-variée la

structure organique du corps mou de l'animal.

Outre ces formes si intéressantes sous le rapport géologique, cette recherche opérée dans un temps si court et sur une si petite quantité d'eau, fit encore découvrir un nombre considérable d'Infusoires marins, inconnus jusqu'alors, avec ou sans carapace, qui diffèrent si complétement des nombreuses espèces connues, qu'il a paru nécessaire de former six nouveaux genres, dans lesquels ils se réunissent au système actuel. Les noms de ces genres sont : *Eucampia*, *Lithodesmium*, *Triceratium*, *Zygoceros* et *Ceratoneïs* de la famille des *Bacillariées* à carapace, et *Dipophysis* de la famille des *Ophrydinées*. Quelques-uns de ces genres se sont présentés en différentes espèces.

Le résultat de ces observations serait donc surtout remarquable en cela que, si des différences certaines existent entre l'organisme des grandes espèces animales, on rencontre un certain nombre de petites espèces du monde actuel qui ne diffèrent pas de celles que l'on rencontre dans les terrains secondaires. Il existe treize espèces différentes qui peuvent être considérées comme identiques aux deux époques, qui ont été aussi reconnues en partie dans les terrains tertiaires, intermédiaires entre ces deux époques, et qui probablement s'y retrouveront toutes : loin d'être rares, elles sont accumulées quelquefois en nombre incroyable de manière à former des rochers et des couches de montagnes, et elles remplissent les mers à l'état vivant.

L'auteur a emporté à Berlin, dans une partie filtrée de l'eau de mer recueillie par lui, quelques espèces vivantes qu'il a observées derechef, et il y a encore découvert quelques nouvelles formes. Toutes furent présentées à l'académie en dessins

et la plupart desséchées dans un bel état de conservation sur du mica. Le jour même de cette communication, on put encore en montrer quelques-unes vivantes.

Il résulte donc de là, telle est la conclusion du mémoire, qu'il existe un lien puissant, quoique perceptible seulement au microscope, qui unit la vie organique des âges éloignés à la vie actuelle; que la base et le type des organisations les plus grandes et les plus récentes de notre terre ne doivent pas toujours être cherchées parmi les plus petites et les plus anciennes; et qu'enfin l'origine de la nature organique contemporaine remonte à une époque de l'histoire de la terre, beaucoup plus ancienne qu'on ne l'avait cru jusqu'à présent.

Description abrégée des six nouveaux genres.

I. *Eucampia zodiacus*, familia Bacillariorum, sectio Desmidiaceorum. Characteres omnes *Odontellæ Desmidii*, sed forma cuneata, hinc spontanea imperfecta divisione, *Meridii* instar, in circulum spiralem abiens.

II. *Zygoceros rhombus*, familia Bacillariorum, sectio Desmidiaceorum. Characteres *Odontellæ Desmidii* sed lorica silicea (striolata).

III. *Lithodesmium undulatum*, familia Bacillariorum, sectio Desmidiaceorum. Characteres *Desmidii*, sed lorica triangula silicea (siccando non mutata).

IV. *Triceratum*, familia Bacillariorum, sectio Desmidiaceorum. Characteres *Desmidii*, sed lorica triangula silicea et corpuscula, in quovis angulo utrinque dente prominulo conjuncta (corniculis utrinque tribus). — *Haptogonium* siliceum.

Digitized by Google

1. *T. favus*, lorica cellulis sexangulis magnis favosa.

2. *T. striolatum*, lorica subtilissime striolata.

V. *Ceratoneïs*, familia Bacillariorum, sectio Naviculaceorum. Characteres *Naviculæ*, sed apices in cornua longe attenuata, ab ovario non repleta, producti (aperturis quatuor?) forma *Closterii setacei*.

1. *C. fasciola*, forma sigmoïde, lineari-lanceolata.

2. *C. closterium*, forma lunata, leviter curva, setacea.

VI. *Dynophysis*, familia Ophydinorum. Solitaria, libera nec pedicellata, lorica urceolari corpori ubique arcte adhærente et appendice laterali limbata.

1. *D. Michaëlis*, urceolo ovato, obtuso.

2. *D. acuta*, urceolo ovato, acuto.

M. Ehrenberg a joint à ce qui précède des remarques sur beaucoup d'organes de locomotion, d'apparence filamenteuse, d'une grande *Surirella*, qu'il nomme *S. gemma*, et sur des ouvertures inaperçues jusqu'à ce jour dans les coquilles de l'*Actinocyclus* et du *Coscindiscus*, qui appartiennent à la famille si importante, mais si difficile à connaître, des Bacillariées Infusoires.

M. Ehrenberg a communiqué de plus de:

Nouvelles observations sur les Algues et les Bryozoènes des pyrites de la craie.

Un bloc de pyrite développé d'une manière particulière, qui a été trouvé dans la petite île de Walfisch, près de Wismar, dans la Baltique, a donné une nouvelle confirmation des faits précédemment annoncés à l'académie sur les fucoïdes et les bryozoènes de la pyrite de Delitzsch. Dans

Digitized by Google

beaucoup de cavités de cette pyrite, on distinguait, à la vue simple, un tissu de petites tiges déliées, qui, au microscope, ne sont autre chose que des bryozoènes solidement entrelacées, de la craie de Rügen; il n'y a d'autre différence qu'en ce que les premiers sont siliceux, et les seconds crayeux. Les premiers, mis en contact avec les acides, n'éprouvent aucune altération, tandis que les autres se dissolvent avec effervescence. Beaucoup de ces animalcules calcaires passés à l'état siliceux sont libres à une de leurs extrémités, tandis que l'autre est entièrement fixée dans la masse pyriteuse, sur la cassure de laquelle on peut suivre la trace du reste de leur corps. De même que dans le bois pétrifié, la structure s'aperçoit souvent au microscope de la manière la plus surprenante et la plus claire, beaucoup mieux que dans la coupe d'une masse de bois encore molle et fraîche; ainsi, le phénomène dont il est question a mis dans un nouveau jour la structure intérieure des bryozoènes calcaires qui n'avait encore été observée spécialement par aucun naturaliste. L'étude de ces fossiles a démontré que la plus grande partie des substances cellulaires végétales, qui enveloppent si régulièrement les pyrites, et qui paraissent entièrement semblables aux fucoïdes, sont évidemment aussi des débris d'animaux de la classe des bryozoènes, et qu'on ne trouve réellement qu'un très-petit nombre de formations d'algues.

Les espèces organiques semblables, calcaires et siliceuses de Rügen et de Wismar ont été présentées et sont décrites en détail dans le mémoire.

Ouate naturelle.

Enfin, M. Ehrenberg a présenté à l'académie une pièce d'ouate ou de flanelle naturelle, formée

Digitized by Google

de Conferves et d'Infusoires, et ayant presque un pied et demi en carré. Cette substance a été trouvée au mois d'août 1839, auprès de Sabor en Silésie, sur les propriétés du prince Frédéric de Carolath, après le dernier débordement de l'Oder, sur la surface d'une île couverte de prairies, où elle occupait une étendue de plusieurs centaines de pieds carrés. L'administration de Liegnitz s'est empressée d'en transmettre un échantillon à la division de l'industrie du ministère royal des finances.

M. Ehrenberg avait déjà donné, dans ses communications des années précédentes, des renseignements historiques sur des substances analogues, formées de Conferves et d'Infusoires, et semblables à du papier, à du cuir ou à de la ouate; néanmoins elles ne se présentent pas assez souvent avec une étendue si considérable, une masse si étonnante, et de telles particularités, pour que l'on ne conçoive bien la surprise que ce phénomène a excitée.

La masse principale de la substance analogue à la flanelle est formée par la *Conferva rivularis* sans rameaux (espèce différente de celles qui ont été décrites précédemment); dans cette espèce de feutre on a trouvé jusqu'à quinze espèces d'Infusoires et quelques carapaces de puces d'eau, du genre *Daphnia*. Parmi les Infusoires, onze espèces appartiennent à la famille des Bacillariées, savoir, six à coquilles siliceuses qui sont :

1° *Fragilaria rhabdosoma*,
2° *Navicula gracilis*,
3° *Nav. viridis juvenis*,
4° *Nav. amphisbæna*,
5° *Nav. fulva*,
6° *Nav. gibba*.

Digitized by Google

Cinq autres Bacillariées sont à test mou, savoir :

7° *Euastrum margaritaceum*,

8° *E. crenulatum*,

9° *Arthrodesmus quadricaudatus var. ecornis*,

10° *Micrasterias Boryana*,

11° *M. elliptica*.

On a trouvé de plus, appartenant à la famille des animalcules en fuseau :

12° *Closterina*,

13° *Closterium lunula?* ou *margaritaceum?* et de la famille des animalcules à couronne,

14° *Peridinæa*,

15° *Chætoglena volvocina*.

Les *Fragilaria*, les *Navicula viridis* et les *Cryptomonas lenticularis?* prédominent. Toutes les formes appartiennent à des espèces connues.

Si l'on étudie la composition chimique d'après l'examen microscopique, on reconnaît que la ouate naturelle contient beaucoup de charbon à brûler, une assez grande quantité de silice et de chaux carbonatée, peut-être quelques traces de fer, mais certainement beaucoup moins que n'en renferme la substance de Freyberg. Il y a de la chaux carbonatée dans les coquilles des *Daphnia* ; mais elle se trouve en plus grande et même en assez notable quantité dans les petits paquets groupés que l'on voit, au microscope, suspendus à l'extérieur des fils des Conferves.

M. Ehrenberg a donné de nouveaux développements à ses communications sur les espèces animales de la craie, qui vivent encore actuellement.

Les animalcules de la marne crayeuse sont con-

Digitized by Google

servés encore en partie à Berlin dans l'eau de mer puisée à Cuxhaven le 22 septembre; et en continuant de faire des recherches, on a découvert de nouvelles espèces dans cette eau. Il y en a deux grandes, du genre *Actinocyclus*, qui sont surtout dignes d'intérêt : l'une à huit chambres et à seize rayons (cloisons transversales), l'autre à neuf chambres et à dix-huit rayons, ont été désignées, conformément à l'analogie, par les noms de *Actinocyclus sedenarius* et *A. octodenarius*.

Mais il s'est présenté de plus un phénomène qui excite un intérêt plus général sous le rapport géologique. En effet, outre les animalcules vivants à coquilles siliceuses, cités plus haut, on a trouvé deux espèces de polythalmies microscopiques actuellement vivantes, qui portent entièrement le caractère de deux des animalcules les plus répandus dans la craie. Ces animaux calcaires microscopiques de la craie, qui vivent aujourd'hui, sont la *Planulina turgida* et la *Textilaria aciculata*. Les deux formes ont été reconnues successivement dans un petit nombre d'individus, mais malheureusement pas assez tôt pour que l'on ait pu soumettre à l'observation les animalcules encore frais et vivaces. On a vu la *Planulina* changer de place, mais les organes de la locomotion sont restés cachés sous la coquille. Du moins on a reconnu, sans qu'il puisse rester de doute à ce sujet, que les petites coquilles (dont la structure est plus apparente et plus claire qu'à l'état fossile) sont entièrement remplies par l'animal.

Déjà, dans un précédent mémoire sur la craie, imprimé aujourd'hui, l'auteur avait mentionné, parmi les animalcules calcaires de la craie, quatre espèces qu'il décrit, avec doute, comme identi-

Digitized by Google

ques à des espèces vivantes; et il motivait l'incertitude de son jugement sur le peu de connaissance des espèces vivantes. C'étaient :

la *Globigerina bulloïdes d'Orbigny ?*
la *Globigerina helicina d'Orbigny ?*
la *Rosalina globularis d'Orbigny ?*
et la *Textilaria aciculata d'Orbigny ?*

En ce qui concerne la dernière, l'auteur, à la suite de ses nouvelles observations, retire ses doutes, et reconnaît l'espèce de la craie comme identique à celle qui vit aujourd'hui; il ajoute que depuis qu'on a pu observer d'une manière positive, à l'état vivant, une de ces quatre espèces, il est suffisamment autorisé à considérer aussi les trois autres comme appartenant au monde actuel.

Il existe donc encore aujourd'hui des animalcules de la craie, à coquille calcaire, et le nombre total des formes identiques, d'après les observations seules, s'élève à quinze, mais vraisemblablement à dix-huit ou vingt, savoir : treize animalcules à coquille siliceuse, deux xanthidies de la pyrite (*furcatum* et *hirsutum*), et cinq animalcules à coquille calcaire. Il est important de remarquer que beaucoup de ces espèces, et précisément celles qui forment les masses, et par conséquent les individus les plus nombreux du terrain crétacé, ne sont pas les plus rares à l'état vivant; circonstance qui paraît devoir donner de la tranquillité pour les difficultés physiologiques qui existent encore.

Digitized by Google

Sur l'espèce minérale nommée DYSODIL, *considérée comme un composé de carapaces d'infusoires;*

Par M. C.-G. EHRENBERG.

Le dysodil fut désigné sous ce nom, à Paris, en 1808, par M. Cordier, comme une espèce minérale particulière; mais il avait déjà été cité par les minéralogistes parmi les substances de la nature de la poix minérale, et nommé *poix minérale en feuilles*. On sait qu'il est combustible, et qu'on en fait usage en guise de tourbe en Sicile, où il a été découvert pour la première fois.

Déjà, le 16 avril de cette année (1839), j'ai annoncé à la société des naturalistes à Berlin (voyez la *Gazette d'État* du 29 avril), que la variété de ce minéral, qui se présente en Sicile sous forme compacte et d'un jaune de cire, est composée de carapaces siliceuses de *Navicules* (espèce d'Infusoires à armature) agglutinées et pénétrées d'une substance analogue à de l'ambre.

J'ajoutai que j'avais trouvé dans les collections de M. Krantz, marchand de minéraux à Berlin, un charbon feuilleté entièrement noir, du Westerwald, qui présente au microscope tous les caractères du dysodil jaune de Sicile, mais qui s'en distingue en ce qu'il contient une quantité considérable de poussière de fleurs de pin, et d'autres restes d'origine végétale.

Depuis, on a encore trouvé deux autres gisements de dysodil. Le charbon feuilleté bitumineux du bosquet de Geistinger près de Rott et de Siegburg, au nord des Sept Montagnes, quoique

Digitized by Google

entièrement noir comme un vieux cuir, est entièrement semblable au dysodil; seulement il est plus riche en débris de végétaux.

On a reconnu une quatrième espèce de charbon feuilleté, remarquable par des débris d'Infusoires bien conservés, qui provient du Vogelsberg, et qui a été soumise à mon examen, comme la précédente, par M. de Dechen, conseiller supérieur des mines. Cette substance ressemble aussi à un cuir de semelle noir et desséché.

Il résulte de ces recherches que l'espèce minérale nommée dysodil consiste en conglomérats d'Infusoires, qu'elle est évidemment un accident de *schiste compacte* ou de *tripoli feuilleté imprégné de poix minérale*, comme on la trouve près de Bilin, de Cassel, etc., sans mélange de bitume. La couleur peut être jaune, brune ou noire.

Il ne forme nulle part de gisements puissants, mais parfois des couches très-étendues et susceptibles d'exploitation.

Digitized by Google

NOTICE

Sur des outils de sondage servant à déterminer l'inclinaison et la direction des terrains schisteux;

Par M. ÉVRARD, Ingénieur civil.

Les méthodes ordinaires de sondage, appliquées avec soin et intelligence à la recherche des matières minérales, font connaître avec exactitude la nature et la profondeur des terrains. Il est rare cependant que l'on puisse constater par les résultats d'un simple sondage l'existence d'une mine exploitable; aussi préfère-t-on souvent à un trou de sonde le creusement d'un puits de recherche. Dans le Nord de la France, l'exécution d'un puits jusqu'au terrain houiller exige ordinairement de grandes dépenses à cause des niveaux supérieurs qui baignent le terrain de craie, et il serait imprudent de se livrer à un travail aussi dispendieux avant d'avoir exploré le pays par des sondages.

Lorsque la sonde a traversé verticalement une certaine épaisseur de charbon, il faut encore déterminer l'inclinaison et la direction de la couche pour connaître sa puissance et la position la plus convenable du puits d'exploitation.

On peut résoudre ces deux questions en pratiquant deux autres sondages formant un triangle avec le premier; mais cette méthode, très-longue

Digitized by Google

et très-coûteuse, est soumise à toutes les chances de non-réussite des sondages.

Si un premier sondage dans un terrain houiller ne rencontre point la houille, il conviendra, avant d'en exécuter d'autres, de déterminer la pente et la direction du terrain, afin de les placer sur des couches supérieures ou inférieures à celles qui sont rencontrées par le premier sondage.

Je suis parvenu à cette détermination par un seul sondage dans le schiste houiller et dans le grès tendre à structure stratifiée. La stratification de ces terrains étant parallèle aux couches de houille, la question se trouve résolue pour ces dernières.

La méthode consiste à nettoyer d'abord le trou de sonde avec la tarière que l'on fait mordre jusqu'à ce qu'elle refuse d'entrer, afin de bien dresser le fond du trou, et d'enlever la portion de terrain encore en place, et qui a été brisée par le choc du trépan. Il est même utile de faire mordre une autre tarière dont la mèche a été dressée, de manière qu'elle aplanisse bien le fond du trou en rendant ses parois cylindriques. On descend ensuite dans une position connue un outil terminé par une lame très-aiguë. On laisse reposer sur le fond l'outil chargé de tout le poids des tiges, et la lame s'imprime dans le terrain. Puis, à l'aide de l'outil décrit plus bas, on enlève un cylindre de terrain que la marque faite primitivement permet d'orienter dans sa véritable position. De plus, l'inclinaison des couches est indiquée par la structure schisteuse de l'échantillon.

Pour marquer l'échantillon j'emploie l'outil représenté fig. 1, 2 et 3, *Pl. I*. Les ailes B, B sont en bois, boulonnées sur l'outil en fer. Elles servent

Digitized by Google

à maintenir l'axe de l'outil dans l'axe du trou. La lame L est en acier, elle est destinée à faire l'empreinte dont la longueur est égale à *m n*; le milieu de cette lame ne répond pas au milieu de l'outil, sans cela il y aurait incertitude entre deux positions du cylindre de terrain.

Cet outil vissé à l'extrémité de la première tige étant suspendu au-dessus du trou, on prolonge par ses deux extrémités la ligne droite *m n*, direction du taillant L, à l'aide d'un fil passant par deux points fixes que l'on marque sur la cloison de la baraque. Cela fait, il faut que l'outil s'en aille au fond du trou sans éprouver la moindre déviation autour de son axe. Pour y parvenir on suspend deux fils à plomb en haut de la chèvre dans une position telle que le plan vertical qui les contient soit tangent aux emmanchements que je suppose tournés et d'égal diamètre. Pour empêcher les fils à plomb de se déranger, il est commode de les fixer au plancher dans leur position de repos. On prend alors une règle en bois fig. 4, garnie d'une mâchoire ronde MN, d'un diamètre égal à celui de l'emmanchement des tiges, et pouvant être serrée à l'aide d'une vis E. On fixe cette règle sur l'emmanchement du haut, de manière que la ligne FG soit contenue dans le plan vertical passant par les fils à plomb. On descend alors la tige dans le trou, et avant de la poser sur la clef de retenue, on la fait tourner de manière que la ligne FG vienne se replacer dans le même plan vertical.

On visse alors la seconde tige, puis on fixe à la partie supérieure et dans la position que nous venons d'indiquer, une règle semblable à la précédente; on descend alors la seconde tige après

Digitized by Google

avoir enlevé la première règle que l'on attache en haut de la troisième tige. On profite de la clef de relevée qui remonte à vide pour renvoyer la règle à l'ouvrier placé en haut de la chèvre.

On conçoit que de cette manière il n'y a pas d'erreur possible, puisque l'on opère comme si les tiges consistaient d'un bout à l'autre en un cylindre parfait. Lorsque l'outil est au fond, on l'abandonne pendant quelques instants, et si le terrain est dur on le soulève pour le faire poser une seconde et même une troisième fois. On remonte alors les tiges et on substitue à l'outil précédent l'outil emporte-pièce.

L'emporte-pièce est représenté fig. 5, 6 et 7. Il consiste en un cylindre de fer plein ou creux, suivant le diamètre, sur lequel sont fixées à queue quatre lames d'acier dont la forme et la disposition sont indiquées par le dessin. Lorsque cet outil tourne au fond du trou, les lames creusent une rainure circulaire à l'aplomb des parois, tandis qu'elles laissent intact au milieu d'elles un cylindre de terrain. Les matières broyées remontent par la rainure *r*, *r*, *r*, *r*, ou se logent entre les lames. Elles se tassent tellement par l'effet de la pression que le cylindre de terrain se détache presque toujours quand il a acquis une hauteur de huit à douze centimètres, et reste adhérent aux lames de l'outil.

Si l'échantillon ne remonte point avec l'emporte-pièce, on descend l'outil, fig. 8, 9 et 10. Il consiste en une fourche dont les branches font partie d'un cylindre creux. Chaque branche est garnie à sa partie inférieure d'une dent mobile autour d'un petit boulon à vis. La disposition de ces dents est imitée de l'outil arrache-tuyaux de

Digitized by Google

M. Degousée. Cet outil étant descendu au fond de la rainure pratiquée par l'emporte-pièce, la pointe des dents s'engage légèrement dans le terrain. On soulève alors les tiges de cinq ou six millimètres, et on fait tourner la sonde dans le sens du vissage pour obliger les dents à s'ouvrir et détacher l'échantillon, qui reste ainsi soutenu dans l'outil.

Pour enlever l'échantillon dans des terrains dont la cohésion est très-grande, je propose l'emploi d'une pince dont je n'ai pas eu l'occasion de faire l'expérience pour cet usage, mais que je vais décrire, parce que son mécanisme me paraît susceptible de plusieurs modifications utiles dans les sondages; je me propose de les faire connaître lorsque les essais dont je m'occupe maintenant seront terminés.

Cette pince, représentée *fig.* 11, 12 et 13, se compose d'une chape A, dont les branches *a*, *a* sont percées de deux trous qui reçoivent les boulons I, I. Ceux-ci retiennent dans la chape les deux pièces E, F, formant mâchoire, et destinées, en se rapprochant, à saisir l'échantillon. Pour opérer ce rapprochement, on a percé la chape, à sa partie supérieure, d'un trou taraudé, dans lequel entre une vis DB, à filet carré, fixée à l'extrémité de la sonde. Cette vis, terminée par un tronc de cône BC, descend lorsque l'on tourne les tiges pour visser; la partie conique écarte les extrémités supérieures et fait serrer la mâchoire inférieure. Lorsque l'épaulement D arrive sur la chape, il faut que l'échantillon soit fortement serré. On règle, d'après cela, l'outil en mettant une ou plusieurs flottes avant d'introduire la vis dans la chape. Pour empêcher les mâchoires de se rapprocher en heurtant les parois du trou,

Digitized by Google

lorsque l'on descend la sonde, on passe dans les trous *U*, *H* une forte ficelle qu'on lie solidement sur le côté, et qui se casse ou s'allonge facilement sous l'action puissante du cône G (1).

---

(1) Plusieurs outils emporte-pièces ayant été construits depuis un an à l'imitation du mien, je crois devoir réclamer ici la priorité. Je puis citer à l'appui de ce que j'avance le témoignage de M. Degousée, à qui j'ai communiqué l'idée de cet outil dès le mois de mai 1838, et à l'obligeance duquel je dois beaucoup de renseignements sur la pratique des sondages. J'ai également fait voir cet outil à M. Dusouich, ingénieur des mines du département du Pas-de-Calais, qui a bien voulu m'aider de ses conseils pendant l'année 1838.

Digitized by Google

NOTICE

Sur un terrain stratifié situé dans le haut des Cordillières, et sur les filons métallifères qui l'accompagnent;

Par M. IGNACE DOMEYKO.

La vallée d'Elqui est une des vallées principales de la province de Coquimbo; elle coupe la chaîne des Andes dans la direction E.-N.-E., et à son débouché dans la baie de Coquimbo, elle se réunit à deux autres vallées longitudinales, dont une, la vallée de Diagnito, court dans la direction N.-N.-E., et l'autre, plus large, ayant près de dix lieues de longueur, se dirige au sud. A la jonction de ces trois vallées, et tout autour de la baie, se trouve un bassin tertiaire à couches horizontales, et c'est là que se trouvent ces doubles et triples vallées observées par le capitaine Hall (Lyell's Principl. of Geol. T.), qu'on remarque dans toutes les vallées transversales du Chili, et qui *ne se retrouvent point ou sont à peine perceptibles dans les vallées longitudinales* : conséquence évidente de l'origine qui leur a été assignée.

En partant de la côte de l'Océan pour remonter la vallée d'Elqui, on voit d'abord des rochers granitoïdes, et une belle siénite à feldspath rose et amphibole vert, sortant au jour à l'entrée même de la baie de Coquimbo.

Bientôt ces granites passent aux diorites et puis aux porphyres verts, qui encaissent la vallée jus-

qu'à une distance de plus de dix lieues de la mer, où cette vallée commence à se rétrécir, et se tourne d'abord au N.-E., et puis à l'E.-N.-E.

A ce premier rétrécissement, on voit près de Puclaro des escarpements à pic composés de strates très-contournés, renfermant quelques assises de gypse et des roches feldspathiques compactes et homogènes. A deux lieues plus loin, la vallée s'élargit de nouveau, les montagnes s'arrondissent, changent d'aspect et de couleur; mais on les trouve encore composées de roches dioritiques, analogues à celles qui touchent aux granites de la côte. Ici sont situés les jolis villages de Tambo, la ville de Elqui, San Isidro et la Diagita avec leurs vignes et leurs énormes figuiers, leurs jardins et leurs prairies artificielles. Tout y annonce une certaine aisance et un état florissant de la société; mais rien de nouveau ne frappe le géologue. A quatre lieues plus loin, la vallée se rétrécit de nouveau, et bientôt on arrive à l'endroit où un torrent d'eau claire et limpide, el Rio Claro, se réunit à un autre, trouble et blanchâtre, el Rio Turbio, pour former la rivière d'Elqui. A la jonction de ces torrents, et au fond d'une vallée triangulaire, se groupe une belle végétation d'arbres fruitiers qui ombragent la ferme de Rivadavia, au milieu de rochers nus et arides qui s'élèvent presque à pic de tous côtés. Ici donc la vallée d'Elqui se bifurque en deux autres, dont une, celle du Rio Claro, prend la direction S.-E., et l'autre se prolonge vers le N.-N.-E. Une masse de montagnes, qui les sépare, fait ressortir de dessous les roches les plus bizarres et les plus variées un terrain de stratification fossilifère, un véritable horizon géologique que je me propose de décrire.

Digitized by Google

Ce terrain correspond par sa direction à celle de la chaîne principale des Andes; il dévie peu du méridien, et coupe la montagne qui sépare les deux vallées à $\frac{1}{2}$ lieue de leur point de réunion. Étant ensuite interrompu par ces mêmes vallées, il reparaît, quoique tout à fait modifié dans ses caractères géologiques et minéralogiques, sur la rive gauche du Rio Claro, et de l'autre côté, au nord de la vallée du Rio Turbio (1).

Nous commencerons par décrire :

1° La partie principale comprise entre les deux vallées (Cerro de las Tres Cruces. — Voir le croquis A).

2° Nous passerons ensuite de l'autre côté du Rio Claro pour examiner la partie sud du système (B).

3° Nous suivrons le même terrain dans son prolongement au delà du Rio Turbio (C).

I.

La montagne que renferme ce terrain se nomme Cerro de las Tres Cruces. On y voit les couches fortement redressées, formant l'angle de 40 à 50° avec l'horizon; tout le système se trouve appuyé contre des montagnes granitiques à l'est, et sort de dessous les porphyres. Voici la succession des couches qu'on y remarque. (*Pl. II, fig.* 1.)

Partie du milieu. Cerro de las Tres Cruces.

(*a*) Un terrain meuble, composé de débris et

(1) Pour rendre plus intelligible la description, j'ai ajouté à la fin du mémoire un croquis de la carte de la vallée d'Elqui et de sa bifurcation au-dessus de Rivadavia. — Mes baromètres s'étant cassés dans le voyage, je n'ai pas pu mesurer la hauteur à laquelle s'élève le terrain.

Digitized by Google

blocs granitiques, cache le contact du terrain stratifié avec le granite.

(*b*) Les premières couches qui sortent au jour se composent d'un grès rougeâtre, contenant des cailloux de quartz laiteux, semblables aux cailloux du grès des Vosges, et les grains même prennent quelquefois un aspect semi-cristallin. Les cailloux se trouvent disposés par lits, parallèlement aux plans de stratification.

(*c*) Au-dessus repose un grès blanc plus ou moins calcaire, avec des cailloux de quartz disposés de la même manière que dans le grès précédent.

(*d*) Vient ensuite un banc à coquilles, d'un calcaire gris compacte. On n'y trouve que des coquilles de la famille des pectens, les deux valves réunies, non fracturées, les coquilles disposées en familles, et placées dans leur position naturelle.

Le système est interrompu par une couche de sable provenant de la désagrégation du grès.

(*e*) A une trentaine de pieds au-dessus du premier banc à coquilles, on retrouve une couche de près de deux mètres d'épaisseur, de même grès que le grès (*c*). On y voit encore les mêmes cailloux de quartz disposés par lits.

(*f*) Ce grès passe au calcaire blanc sablonneux, ne contenant pas de débris organiques.

(*g*) Sur ce calcaire, repose une autre couche calcaire d'à peu près un mètre d'épaisseur, entièrement composée de coquillages. L'espèce la plus abondante est encore la même que celle des pectens de la couche (*d*); et en outre, on y a trouvé sept à huit autres espèces de bivalves (téré-

Digitized by Google

bratules? trigonies? griphites?) et ammonite (1).

(*h*) Immédiatement au-dessus de ce banc à coquilles commence une série d'assises rouges, tantôt compactes, schistoïdes, faisant un peu d'effervescence avec les acides, tantôt arénacées, renfermant les mêmes cailloux, et en grand nombre, de quartz laiteux que les grès et calcaires sablonneux des couches inférieures.

A mesure que ces cailloux disparaissent, la structure des roches devient de plus en plus cristalline; on voit apparaître des parties feldspathiques, et bientôt on arrive au porphyre vert à feldspath blanc, comme sont la plupart des porphyres de la vallée d'Elqui.

Au contact de ce porphyre avec le terrain de sédiment que je viens de décrire, on voit un filon métallifère qui n'a qu'un pied de largeur, et remonte presque verticalement la montagne en traversant

(1) Je lis dans un journal espagnol, *el Araucano*, publié à Santiago, que M. Gay (qui avait visité la vallée d'Elqui en 1837) reconnut que les granites dont le gisement commence près de Rivadavia continuent jusqu'au centre des Cordillières, et qu'arrivé à Tilito déjà près de la ligne des faîtes, il trouva ce granite recouvert par un terrain analogue à celui que je viens de décrire. Dans ce terrain il trouva à 16.390 p. an. de hauteur, entre le pic de Doña Ana et le Portezuelo de Tilito, une couche calcaire renfermant des Plagiostomes, des Ammonites, des Térébratules, etc. — On lit aussi dans les Proceed. of the Geol. Soc. of London, v. II, n. 42, que M. Darwing a trouvé le même terrain à 12,000 p. an. au-dessus du niveau de la mer, au *passage de Puquenas*, où il a recueilli dans une roche noire calcaire des empreintes de Griphées, des Huîtres, des Turritelles, des Ammonites, des Térébratules. — Les deux coquilles turbinées (n° 33-34) que j'ajoute à la collection seront probablement les Turritelles de M. Darwing et proviennent d'une autre localité du côté de Copiapo.

Digitized by Google

le porphyre sans se prolonger dans les assises du terrain stratifié. Ce filon contient une grande variété de minerais, et particulièrement du protoxyde de cuivre mélangé d'oxyde de fer (ziegelerz), de l'hydrate de fer, des carbonates et silicates de cuivre, et de la calamine; la gangue contient beaucoup de spath calcaire.

II.

II.
Le terrain situé de l'autre côté de la vallée du *Rio Claro*. (B)

Passons maintenant à l'examen de ce qui correspond au même terrain de l'autre côté de la vallée du Rio Claro.

Ici les couches et les strates se trouvent plus accidentés et déchirés par suite du grand nombre de filons et veines métallifères qui les accompagnent. Pour saisir l'ensemble du terrain et les parties correspondantes, il faut remonter la vallée jusqu'à Payguano, et jeter un coup d'œil sur le Cerro de las Tres Cruces et les montagnes situées vis-à-vis, de l'autre côté de la vallée. On verra d'un côté les affleurements du terrain que je viens de décrire, et qui descendent depuis à peu près la cime de la montagne jusqu'à la vallée; et de l'autre côté, des rochers blanchâtres, en forme de couches et strates déchirées et interrompues, remontant à des hauteurs considérables et affleurant sur une suite d'escarpements qui se portent au sud, le long d'un ravin profond nommé Quebrada de Payguano. (*Pl. II, fig.* 2.)

La partie stratifiée du terrain se compose de couches de grès blanc et de différents bancs porphyroïdes, séparés par des strates calcaires ou quartzeuses et par des roches analogues aux assises rouges de la coupe précédente. On y remarque encore les mêmes cailloux de quartz empâtés dans

Digitized by Google

une masse quartzeuse, comme si le même grès qu'on voit se désagrégeant avec facilité au contact des bancs à coquilles, eût subi dans cet endroit un commencement de fusion par le contact des filons qui le traversent. Les gens du pays m'ont assuré qu'en suivant les mêmes escarpements au sud, on trouve dans une montagne très-élevée les mêmes coquilles que celles de las Tres Cruces, et on m'en a apporté quelques fragments tombés du haut d'un escarpement inaccessible. L'ensemble du terrain repose sur des roches quartzeuses presque compactes, passant aux porphyres quartzifères, et se trouve recouvert par des porphyres verts comme dans le cas précédent.

On voit ici un filon de cuivre (la Mina de las Anjillas) traversant tout le terrain de stratification, et affleurant le long de l'escarpement même sur une étendue de 500 à 600 pieds. Il est presque vertical, avec un léger plongement vers le S.-O., et, par conséquent, il court tout près de la surface des escarpements mêmes. C'est une espèce de cheminée, dont la largeur ne dépasse pas un pied, et qui descend rarement à plus de douze pieds de profondeur au-dessous de l'affleurement. Elle se referme par en bas, laissant une salbande quartzeuse, et elle diminue de dimension à mesure qu'elle s'élève et s'éloigne de la vallée en se rapprochant de l'endroit où on m'avait signalé les roches calcaires. Les parties métallifères se concentrent dans la partie basse de la veine du côté de la vallée : on y trouve des oxydes, des carbonates et des silicates de cuivre, de l'hydrate de fer et des parties pyriteuses, tandis que dans la partie haute, où la veine se rapproche des calcaires, on voit en abondance des grenats, de l'épidote, de l'amphi-

Mine de cuivre de las Anjillas.

bole, du quartz prismatique, du spath calcaire, etc. Les roches qui touchent au toit de la veine ont pris partout une structure plus ou moins porphyroïde, tandis que celles du côté du mur sont en général plus homogènes, compactes, et ressemblent aux roches quartzeuses de la partie basse du terrain.

Indépendamment de la veine que je viens de décrire, on en voit une autre pareille, mais de peu d'étendue, dans les assises de quartz, à une centaine de pieds au-dessous de la première, et en outre on vient de découvrir plusieurs veines de cuivre dans les porphyres qui recouvrent ce terrain, au sommet de la montagne.

Mine de plomb argentifère de Payguano.

Pour examiner ensuite le contact de ce terrain avec le granite, si l'on descend de la côte où se trouvent lesdits escarpements en allant à l'est, on voit d'abord au fond du ravin (la Quebrada de Payguano) un porphyre quartzifère traversé par un filon de plomb argentifère. Ce filon est vertical, et court à peu près du nord au sud; il a près de 2 pieds de largeur dans sa partie inférieure, et il descend à plus de 150 pieds au-dessous de l'affleurement; mais il diminue en largeur et en profondeur à mesure qu'il s'élève dans la montagne. Son affleurement se montre sur une longueur de plus de 300 mètres. La roche encaissante est un porphyre à pâte compacte blanche et à grains de quartz vitreux; la selbande est blanche, homogène, à cassure terreuse, âpre au toucher. Le minerai varie de nature et de qualité; celui de la partie basse du filon contient du carbonate de plomb près de l'affleurement et des galènes argentifères dans le fond, tandis que dans la partie haute et à des affleurements situés près du som-

Digitized by Google

met de la montagne, le carbonate de plomb prédomine et se mélange avec du carbonate bleu de cuivre, du spath calcaire, de l'hydrate de fer, etc. (La quantité d'argent dans le minerai carbonaté est 0,0005, et dans les sulfures, elle varie de 0,001 à 0,0015).

Laissant maintenant cette mine et les roches quartzeuses derrière nous, si nous nous avançons plus à l'est vers les Cordillières, la première montagne qui se présente à nous est en granite. On y remarque une belle variété de granite composée de feldspath rose, de quartz, de mica et d'une autre espèce de feldspath qui se montre dans beaucoup de granites de la côte du Chili et qui a une couleur verdâtre. Le granite est ici traversé par des filons quartzeux, et on y voit une ancienne mine d'argent abandonnée. Le minerai contenait probablement du chlorure d'argent ou de l'argent métallique; on le traitait en effet par amalgamation, par la méthode ordinaire du pays, ce qu'on ne fait jamais avec les minerais sulfurés plombifères dont on ne retire jusqu'à présent aucun avantage dans ce pays. Quelques pierres retirées des déblais de la mine m'ont donné pour titre 0,00095, et le minerai ne contenait ni soufre ni arsenic, et ne diminuait pas de titre par une digestion prolongée dans l'ammoniaque.

III.

III. Le même terrain au delà du *Rio Turbio*. (C)

Nous repassons maintenant la montagne qui sépare les deux vallées pour chercher ce que devient le terrain du Cerro de Las Tres Cruces dans son prolongement du côté du nord. Effectivement on y retrouve encore un terrain de stratification bien prononcé; les strates sont assez régulières,

mais les caractères des roches, leur position et leur aspect sont entièrement changés. Je joins ici une coupe du terrain prise à une lieue de Rivadavia sur la rive droite du Rio Turbio, près de l'endroit qu'on nomme Malpaso de Varrillas (*Pl. II, fig.* 3).

(*a*) et (*b*) sont des masses de porphyres qui forment un escarpement à pic et qui soutiennent tout le système de stratification. Le porphyre (*a*) est un beau porphyre amygdaloïde à noyaux cristallins verts (d'épidote) et à pâte d'un brun rougeâtre. Le porphyre passe à un autre (*b*) composé de la même pâte que le précédent avec de gros cristaux de feldspath blanc et des noyaux allongés cristallins, remplis de la même substance verte que celle du porphyre (*a*).

(*c*) Le porphyre (*b*) entre et se ramifie dans une couche calcaire qui forme ici la base du terrain stratifié. Le calcaire est compacte, gris, à cassure esquilleuse (il contient 0,002 de magnésie et 0,03 d'argile inattaquable par les acides). Le beau porphyre (*b*) forme des espèces de veines et filons au milieu de ce calcaire.

(*d*) Immédiatement au-dessus du calcaire commence un terrain de plus de deux cents pieds d'épaisseur, entièrement composé de conglomérats rouges disposés en couches et strates qui plongent à l'ouest sous l'angle de 35° à 40°. On y distingue des parties calcaires et des parties quartzeuses, des cailloux et des fragments de roches compactes rouges, analogues à certains bancs du terrain (*h*) de la coupe *de las Tres Cruces*.

(*e*) Enfin ces grès devenant de plus en plus feldspathiques passent aux porphyres qui les recouvrent, et qui présentent beaucoup de variété dans leurs caractères minéralogiques. On y remarque

Digitized by Google

surtout un porphyre gris à cristaux allongés, blancs, avec des nids de jaspe blanc, rubané.

Ici, comme dans le cas précédent, le terrain est accompagné de filons métallifères dont le gisement se rapporte surtout aux porphyres qui s'épanchent sur les couches de sédiments et composent les montagnes situées à l'ouest du Rio Turbio. C'est dans ces porphyres que se trouvent les mines de cuivre de la Quebrada de la Plata, situées à 3 lieues, au N.-O. de Rivadavia, et particulièrement la mine de Layla. Le porphyre encaissant et les filons qui le traversent contiennent beaucoup de parties calcaires; la roche est fissurée en tous sens et se désagrége très-facilement; le minerai se compose d'oxydes, de carbonates et de silicates de cuivre, mélangés de spath calcaire et de fer hydraté. Un peu plus à l'ouest, près de Rivadavia, on voit aussi dans le même porphyre la mine *del Cerro Alto* qui a produit, outre les minerais oxydés, un très-bon minerai oxysulfuré (contenant plus de 50 p. 100 de cuivre), de la classe des minerais que les mineurs du pays appellent *metal acerado* (je donne la description de ces minerais dans un mémoire à part). Il est probable que c'est encore au même gisement qu'on doit rapporter les mines de cuivre de Tirado, de Chaiai, etc., placées à peu près dans la même direction et produisant aussi des minerais analogues (des oxydes, des carbonates et des silicates).

En résumant ce que nous venons de dire sur les divers chaînons du terrain stratifié qui nous occupe, on voit :

1. Que le groupe de rochers qui constitue ce terrain se relève de dessous les masses porphyriques et repose sur les granites de l'intérieur

des Cordillières : on dirait que sa position géologique se trouve comprise entre le système du soulèvement central produit par les granites et le système des fentes latérales par lesquelles sont sorties les masses porphyriques.

2. Que les parties les moins accidentées de ce terrain se trouvent caractérisées par certains fossiles (de la famille des Pectens, des Ammonites, des Térébratules, etc.), par des cailloux roulés et par des bancs calcaires et arénacés; l'ensemble du terrain présente toutes les irrégularités possibles, des failles et des déchirements qui résultent de cette position même entre deux systèmes de dislocation.

3. Qu'au contact dudit terrain avec les masses cristallines, apparaissent des filons métallifères; que ces filons remontent ordinairement dans les endroits les plus accidentés, et que les roches de sédiment même ayant dû subir de grandes modifications par l'action des matières ignées qui les ont disloquées, on trouve au milieu de ce terrain des couches métamorphiques dont la connaissance pourrait servir à reconnaître le même terrain dans d'autres endroits où, par suite de révolutions répétées, tout ce terrain serait entièrement changé et remanié dans ses éléments.

Ayant ainsi conçu une idée générale du terrain de sédiment qui affleure à peu près à moitié chemin de la côte à la ligne de faîte des Cordillières, j'ai remonté encore la vallée du Rio Claro jusqu'à huit lieues plus loin, au delà de Monte Grande, et j'ai examiné de nouveau les roches de la vallée d'Elqui en retournant à Coquimbo. Dans la première partie de cette excursion, c'est-à-dire en m'éloignant dudit terrain pour aller du côté

Digitized by Google

de l'est, je n'ai vu que des granites de différents aspects, dont la principale variété se compose de feldspath blanc, de quartz et de mica noir. Le granite ressemble au granite de la côte et, comme celui-ci, il contient souvent de l'amphibole en même temps que du mica. Il arrive quelquefois que le mica disparaît presque entièrement, et la roche passe alors aux siénites à grains fins, semblables aux roches de la même espèce de la côte.

La même analogie se retrouve dans les filons qui traversent le granite de l'intérieur et ceux de la côte. Ils se dirigent pour la plupart du nord au sud. Il y en a qui se groupent tout près les uns des autres, tout en conservant leur parallélisme, comme j'ai eu l'occasion de l'observer dans une montagne granitique située vis-à-vis la ferme de Monte Grande, et traversée par une succession de filons verts, ceux dont je donne ici la coupe. (*Pl. II*; *fig.* 4.)

A une demi-lieue de là (en allant toujours à l'est), on voit des filons semblables, pour la plupart quartzifères, traversant les granites qui séparent la vallée de Cachiguay de celle du Rio Monte Grande. Il y a de ces filons qui contiennent des parties métallifères, quelques veines de silicates et carbonates de cuivre, et quelques traces d'argent métallique; mais le principal métal dont le gisement paraît se rapporter à ces masses granitoïdes, et qui se trouve réparti en particules invisibles au milieu de filons quartzeux, est l'or. Il y en a une mine à trois lieues de Payguano, au fond d'une vallée, dans une montagne qui termine le ravin nommé Quebrada de Payguano, au nord de la vallée du Rio Claro; une autre, plus haut, à cinq lieues de Monte Grande. Les mines

Digitized by Google

sont abandonnées à cause du peu d'or que donnait le minerai, et de l'énormité des frais d'exploitation. On sait que les autres mines d'or du Chili se trouvent dans les granites de la côte.

Enfin, dans cette grande variété de filons, on distingue presque toutes les variétés de roches qu'on retrouve en masses et montagnes non stratifiées, situées entre les granites de l'intérieur et ceux de la côte : des porphyres verts, des porphyres amphiboliques, des roches compactes euritiques, se divisant tantôt en boules, tantôt en tables et rhomboèdres, et beaucoup d'autres roches dont l'examen demanderait un long travail, concourent à former ces filons. On y trouve jusqu'à des roches amygdaloïdes qui correspondent avec certains amygdaloïdes des terrains porphyriques : c'est ce que l'on voit dans un filon qu'on rencontre près de Monte Grande (dans la montagne qui sépare le Rio Cuchiguay du Rio Monte Grande). Le filon qui n'a qu'un mètre de largeur se compose de deux parties dont une consiste en un feldspath rose compacte, à grains de quartz vitreux, et l'autre est noirâtre, amygdaloïde, à noyaux concentriques, ressemblant aux amygdaloïdes qu'on trouve près de Marqueza, à peu près à moitié de distance de ce point à la côte.

Il me reste à dire qu'en retournant à Coquimbo par la même vallée d'Elqui, et examinant de nouveau les roches qui se montrent aux escarpements de deux côtés de la vallée, au premier rétrécissement que forme cette vallée entre Marqueza et el Tambo, je crois avoir reconnu la présence du même terrain de stratification près de Puclaro. Ici ce terrain ne contient que des roches compactes, schistoïdes, produisant une légère effervescence avec les acides, et renfermant quelques assises de

Digitized by Google

gypse qu'on exploite pour les besoins du pays, dans une mine située à une lieue de distance au nord de Puclaro. Ayant laissé ce terrain près de Rivadavia, recouvert par les porphyres, et plongeant à l'ouest, on le voit ici reparaître de dessous les mêmes porphyres et plongeant à l'est. Il coupe la vallée transversalement, dans une direction qui correspond à celle des couches que nous avons décrites. La vallée est très-étroite, profonde, les strates qui se dessinent sur les escarpements des deux côtés se correspondent parfaitement bien, et par conséquent la vallée doit son origine à une fente opérée transversalement à la direction du terrain. — En descendant la vallée, on voit bientôt les mêmes couches prendre une position horizontale, et puis replonger à l'ouest, c'est-à-dire dans le sens d'inclinaison contraire à celui dans lequel on les a vues sortir au jour près de Puclaro. On a remarqué que ce terrain, avant même qu'il se cache de nouveau sous les porphyres, offre des dislocations notables, des failles et déchirements (comme on le voit près de Agnaypanguy), et se trouve traversé par de nombreux filons porphyriques. Enfin, il perd entièrement son caractère de stratification et passe aux porphyres; en même temps les escarpements disparaissent, la vallée s'élargit et on ne voit plus aucun vestige de stratification depuis Marqueza jusqu'à la mer, dans une étendue de terrain de plus de neuf lieues (1).

(1) Je suis porté à croire que c'est à ce second groupe de roches porphyriques et à leur passage aux diorites que doit se rapporter le gisement des principales mines de cuivre du Chili (mines de la Iguera, de Villador, de Tambillos, de Tamaya, etc.), celui des mines d'or appartenant aux roches granitoïdes.

Digitized by Google

Pour rattacher ces dernières considérations à celles qui les ont précédées, j'ajoute une coupe *théorique* du terrain prise dans le sens de la vallée d'Elqui, depuis la côte jusqu'au delà de Monte Grande (sur plus de trente lieues d'étendue). (*Pl. II, fig.* 5.)

Digitized by Google

MÉMOIRE

Sur les minerais oxy-sulfurés de cuivre du Chili, avec une notice sur les productions minérales de ce pays.

Par M. Ignace DOMEYKO.

Les principales productions des mines de la république du Chili consistent en or, argent et cuivre. Le premier de ces métaux provient en grande partie de sables aurifères; beaucoup d'anciennes mines qui avaient été exploitées autrefois se trouvent abandonnées, et la production de l'or a considérablement diminué de nos jours. Celle de l'argent avait au contraire acquis beaucoup d'importance dans les années 1825 à 1835 par la découverte des mines d'Arqueros dans la province de Coquimbo et de celles de Chañaveillo à Copiapo. Depuis ce temps, la production de l'argent reste presque stationnaire (1), tandis que celle du cuivre augmente tous les jours et doit son accroissement à l'introduction des fourneaux à réverbère anglais pour le traitement des sulfures, et au commerce que font les Anglais avec les minerais de ce pays pour les exporter dans les usines d'Angleterre.

Voici l'état comparatif des productions de l'or, de l'argent et du cuivre au Chili en 1838. (Tiré du rapport officiel de M. le ministre de l'intérieur don Joaquin Tournal au congrès national en 1839.)

(1) Voir le tableau n° 8.

Digitized by Google

ANNÉE 1838.	Poids de chaque produit.		Valeur en monnaie du pays.		Valeur en monnaie de France.
	marcs.	onc.	piastres.	rx.	fr.
Argent exporté par différents ports du Chili.	122.910	6	1.720.740	»	8.603.700
Or exporté et or monnayé.	5.235	4	717.195	»	3.585.975
	quintaux.	livr.			
Cuivre en barres. . .	80.537	46	1.127.518	»	5.637.590
Minérai de cuivre. .	261.265	79	501.624	»	2.508.120
			4.067.077		20.335.385

		piastres.	fr.
On a évalué	1 marc d'argent à	9 1/2	(47,50) (1)
	1 marc d'or. . . .	137	(685)
	1 quintal de cuivre.	14	(70)

D'après le prix courant moyen à Valparaizo et Coquimbo en 1838.

Quant au prix du minerai, il n'a été évalué qu'approximativement, parce qu'il varie selon la richesse du minerai; ainsi, pendant qu'on paye 6,

(1) Je dois prévenir que dans la quantité d'or monnayé a Santiago, et qui monte pour l'année 1838 à 4,125 marcs, se trouve compris l'or apporté au Chili de Popayan et d'autres parties de l'Amérique. Il m'a été impossible d'acquérir là-dessus des données exactes; toutefois ce qu'il y aurait à retrancher de la somme 5.235 marcs est en partie compensé par l'or qu'on exporte d'ici par contrebande et par l'or travaillé dans le pays.

Digitized by Google

7 et 7 ½ piastres le quintal de minerai qui contient 80 p. o/o de cuivre et qui consiste en cuivre natif mélangé d'oxydule, on vend à 4, 5 et 5 ½ piastres le quintal, les cuivres panachés contenant 45 à 50 p. o/o; et à peine offre-t-on 80 à 100 piastres du caisson pesant 64 quintaux (1) pour les cuivres pyriteux et oxydés dont la teneur descend à 17 p. o/o (2). Cependant, comme la plupart des négociants spéculent sur les minerais de 18 à 26 p. o/o dont la production dans certaines mines des départements de Coquimbo et du Huasco est très-considérable, on peut évaluer à 24 p. o/o la teneur moyenne du minerai qu'on exporte. Cela admis, on voit que la production du cuivre en barres et en minerai, dans les trois dernières années au Chili, a été:

En 1836.	102.014 quintaux	44 livres.
En 1837.	116.135	81
En 1838.	143.241	25
Dans les trois années. .	361.391	50 (3)

La plus grande partie du cuivre en barres qu'on exporte provient des usines situées au sud de Coquimbo, tandis que les départements du Nord, et particulièrement ceux du Huasco et de Copiapo, qui sont dépourvus de combustible, vendent tout leur minerai à l'état brut, comme on peut s'en con-

(1) 1 quintal du pays équivaut à 46kilog.,009.

(2) D'après ces données, le prix du cuivre en minerai varie de 6 à 10 piastres le quintal, et on a évalué le prix du minerai exporté en 1838 à raison de 8 piastres le quintal en admettant pour la teneur moyenne du minerai 24 p. 0/0.

(3) Voir les tableaux 1 et 2.

Digitized by Google

vaincre par les tableaux 3 et 4 que je joins à ce mémoire, et que j'ai copiés des rapports officiels, dont je dois la communication à l'obligeance de M. l'intendant de Coquimbo don Fr. de Borja Irrarazabal.

TABLEAU 1. — *Exportation de l'or et de l'argent par les ports de la république du Chili dans les années 1836, 1837 et 1838.*

DÉSIGNATION.	1836.		1837.		1838.	
	Marcs.	Onces.	Marcs.	Onces.	Marcs.	Onces.
Argent expédié :						
Par la douane de Valparaizo.	51.766	5	44.950	»	53.382	4
Par la douane de la Serena (Coquimbo).	21.134	»	37.464	4	23.152	4
Par la douane du Huasco. .	5.693	»	24.383	»	»	»
Par la douane de Copiapo. .	27.784	»	52.560	6	43.511	4
Par l'hôtel de la monnaie de Santiago.	»	»	1.872	»	2.864	2
	106.376	3	161.230	»	122.910	6
Or expédié :						
Par la douane de Valparaizo.	713	»	733	»	311	6
Par la douane de la Serena (Coquimbo).	10	7	495	»	5	2
Par la douane du Huasco. . .	»	»	23	6	»	»
Par l'hôtel de la monnaie de Santiago.	»	»	1.005		792	5
	723	7	2.256	6	1.109	3
Or et argent monnayés à l'hôtel de la monnaie de Santiago.						
Or.	3.474	5	2.085	6	4.125	7
Argent.	»	»	508	»	221	1
Or et argent en transit.						
Or.	756	5	690	»	49	5
Argent en barres.	56.782	2	57.744	4	12.723	5

TABLEAU 2. — *Exportation du cuivre en barres et du minerai de cuivre par les ports de la république du Chili dans les années* 1836, 1837 *et* 1838.

DÉSIGNATION.	1836.		1837.		1838.	
	Quintaux.	Livres.	Quintaux.	Livres.	Quintaux.	Livres.
Cuivre en barres exporté :						
Par la douane de Valparaizo.	[illegible]	»	18.118	58	27.324	13
Par la douane de la Serena (Coquimbo).	26.770	»	27.443	40	49.872	79
Par la douane du Huasco.	10.172	39	11.068	[illegible]	8.649	63
Par la douane de Copiapo.	1.535	18	842	67	3.690	91
	58.885	57	57.473	57	80.537	46
Minerai de cuivre exporté :						
Par la douane de Valparaizo.	19.912	51	20.155	1	20.777	63
Par la douane de la Serena (Coquimbo).	26.545	»	73.506	85	33.[illegible]8	[illegible]
Par la douane du Huasco.	85.976	»	71.084	14	147.434	6[illegible]
Par la douane de Copiapo.	47.269	86	79.679	98	59.968	4
	179.703	63	244.425	98	261.265	79

TABLEAU 3. — *Argent, cuivre et minerai de cuivre expédiés par la douane de Copiapo depuis le mois de mai de* 1832 *jusqu'au mois de novembre de* 1838.

ANNÉES.	ARGENT exporté par terre.		ARGENT exporté par mer.		POIDS total.		CUIVRE en barres.		MINERAI de cuivre.	
	Marcs.	Onces.	Marcs.	Onces.	Marcs.	Onces.	Quintaux.	Livres.	Quintaux.	Livres.
1832	18.302	[illegible]	15.583	7 3/8	28.886	1 7/8	7.261	98	»	»
1833	20.852	3	74.750	3 5/8	95.602	6 1/8	5.225	58	»	»
1834	10.216	[illegible]	77.457	4 1/8	87.673	4 1/8	3.849	52	8.819	82
[illegible]	9.678	7 2/8	75.743	1 3/8	85.422	1 1/8	1.952	54	17.640	41
1836	8.754	2 3/8	14.412	2 4/8	23.171	4 2/8	1,11	75	43.170	37
1837	20 973	1/8	47.048	6	68.021	6 1/8	1.596	40	71.176	2
1838	19.340	7	5[illegible].821	1 6/8	72.152	4/8	4.413	88	58.054	12

Digitized by Google

TABLEAU 4. — *Exportation de minerai de cuivre du département du Huasco en 1837 et 1838.*

NOMBRE de vaisseaux partis du port de Huasco (Frerinia) avec le chargement de minerais.	PAR différentes voies.				PAR le port du Huasco.			
	Minerai cru.		Minerai fondu en mattes.		Minerai cru.		Minerai fondu en mattes.	
	Quintaux.	Livres.	Quintaux.	Livres.	Quintaux.	Livres.	Quintaux.	Livres.
En 1837, depuis le 11 de janv. jusqu'au 14 de déc., il y a eu 15 vaisseaux, dont 9 anglais, 3 danois, 1 autrichien, 1 hambourgeois, 1 de l'Amérique du Nord; tous consignés aux Anglais.	53.826	70	3.384	56	16.179	21	4.968	73
En 1838, depuis le 5 de janv. jusqu'au 22 de déc., 31 bâtiments, dont 14 anglais, 4 hambourgeois, 7 danois, 2 suédois, 2 de l'Amérique du Nord, 1 prussien.	120.390	83	597	79	19.216	11	7.699	52

Nota. Les frais de transport étant considérables, il paraît que l'on ne peut embarquer les minerais qui contiennent moins de 22 à 24 p. 0/0. Pour profiter de la grande masse de minerais de 16 à 20 p. 0/0, on les fond pour matte, ou bien on ne fait que les griller à l'air libre et on embarque les résidus.—Les nombres de cette table ne s'accordent pas avec ceux des tables 1 et 2, par le motif qu'une partie de minerai du Huasco a été expédiée par d'autres douanes. — Toutefois la différence pour l'année 1838 n'est que de 409 quintaux.

Après avoir donné une idée générale des productions minérales de la république du Chili, pour faire voir la grande quantité de cuivre que ce pays livre tous les ans au commerce, et l'importance que prend de nos jours le commerce des minerais de cuivre de ce pays, passons à la description des minerais eux-mêmes.

Digitized by Google

DES MINERAIS DE CUIVRE DU CHILI EN GÉNÉRAL.

Les mineurs du pays et les fondeurs ont l'habitude de distinguer trois espèces de minerais, qu'on nomme :

A. *Metales de color.*—Minerais oxygénés ;

B. *Metales de bronce.*—Minerais sulfurés;

C. *Metales acerados, plateados, etc.*—Minerais oxysulfurés.

Cette division, la plus naturelle, la plus conforme aux différents modes de traitement, aux différentes qualités et à la composition chimique des minerais, comprend trois classes de minerais.

A. Minerais oxygénés.

La première, celle de *métales de color*, la plus facile à traiter, doit son nom à la grande variété de couleurs que présente le minerai; elle se compose de minéraux oxygénés, carbonatés et silicés. On n'y trouve presque pas de phosphates ni d'arséniates. L'oxychlorure pur y est aussi bien rare, mais il arrive souvent que le minerai contient quelques millièmes de chlore disséminés dans les oxydes et les carbonates.

1. L'espèce la plus commune est le protoxyde de cuivre mélangé de peroxyde de fer et de différentes argiles ferrifères (ziegelerz). Cette espèce contient quelquefois plus de 60 pour cent de protoxyde, et alors on la reconnaît par sa couleur qui tire au rouge de cochenille, et par la facilité avec laquelle elle se coupe au couteau. Il paraît que l'oxydule se trouve mélangé en toute proportion avec l'oxyde de fer. On ne trouve que très-rarement du protoxyde pur cristallisé.

2. L'autre espèce non moins abondante est le carbonate vert, qui se trouve tantôt mélangé de silicates et disséminé dans les argiles, tantôt pur,

Digitized by Google

rayonné; il est connu des mineurs sous le nom de *metal estrellado*. On ne le voit presque jamais mélangé de carbonate bleu.

3. Les deux espèces se trouvent accompagnées de silicates verts et vert-bleuâtres, dont la composition n'a probablement rien de fixe. On retrouve aussi dans la même classe de minerais différentes espèces de silicates et de carbonates noirs dont je n'ai pas encore examiné la composition, et on doit y ajouter aussi les minéraux dont je donne la description à la fin de ce mémoire.

B. Minerais sulfurés.

La seconde classe de minerais (metales de bronce) constitue pour ainsi dire la principale richesse des mines de cuivre au Chili, et cependant il y a à peine quinze ans qu'on connaît l'utilité et le traitement de ces minerais dans le pays.—Avant cette époque on n'extrayait le cuivre que des oxydes, et on jetait dans les déblais des sulfures contenant de 30 à 50 pour cent de cuivre.

Les minéraux qui s'y rapportent sont tous des sulfures doubles de cuivre et de fer; nous n'avons à distinguer que deux espèces minéralogiques.

(1) *Pyrite cuivreuse.* Presque toujours amorphe, quelquefois cristallisée en dodécaèdres pentagonaux. Sa composition s'éloigne peu de celle des trois variétés suivantes:

	Mina de los Sapos.	Mina de Villador.	Mina de la Iguera.
Cuivre. . .	0,283	0,367	0,371
Fer. . . .	0,264	0,260	0,321
Soufre. . .	0,290	0,338	0,306
Gangue. . .	0,160	0,026	0,011
	0,997	0,981	1,009

(2) *Cuivre panaché.* Cette espèce se trouve toujours amorphe et souvent en masse considéra-

Digitized by Google

ble et tellement pure, que le minerai donne plus de 50 pour cent de cuivre. Voici la composition de quelques espèces analysées au laboratoire du collége de Coquimbo.

	Mina de Tamaya.	Mina de los Sapos.	Mina de la Iguera.
Cuivre. . .	0,493	0,561	0,595
Fer. . . .	0,155	0,177	0,182
Soufre. . .	0,208	0,231	0,205
Gangue. .	0,111	0,031	0,018
	0,967	1,000	1,000

(3) On ne trouve pas parmi les minerais sulfurés du Chili du protosulfure de cuivre pur.—On ne considère pas comme minerais de cuivre les sulfures multiples contenant du plomb, de l'arsenic ou de l'antimoine (les cuivres gris, la bournonite, etc.). Ils ne se trouvent pas en grande abondance dans ce pays, et on ne les utilise dans quelques endroits que pour en extraire l'argent. —Du reste, la masse de minerais sulfurés qu'on fond dans les mines du pays ou qu'on exporte, se compose de différents mélanges des deux espèces ci-dessus mentionnées, et de pyrite de fer. En général on jette dans les déblais tout ce qui a moins de 8 à 10 pour cent de cuivre pur, à cause des frais considérables d'extraction et de traitement, qui montent à la valeur de plus de six quintaux de cuivre par *caisson* (64 quintaux). Les seuls minerais qui soient exploitables avec avantage dans ce pays doivent contenir plus de 12 pour cent.

Enfin, la troisième classe de minerais, connus sous les noms de *metales acerados*, *metales plateados*, se compose de véritables oxysulfures de cuivre, et renferme plusieurs espèces minéralo- C. Minerais oxysulfurés.

giques, qui peut-être n'ont été jusqu'à présent observées que dans les mines du Chili. Ces minerais diffèrent, sous beaucoup de rapports, de certains mélanges de pyrite et de deutoxyde de cuivre, qui ne se trouvent qu'accidentellement dans certaines mines de pyrites cuivreuses en Europe et en Amérique (mine noire de Chessy, Kupferschwarze, etc.). Les oxysulfures du Chili forment par eux-mêmes des mines considérables, qui ont un gisement particulier, et dont les produits ont toujours été considérés comme les meilleurs et les plus purs des minerais de ce pays. On les connaissait déjà avant l'introduction des fourneaux à réverbère, et on les traitait dans les fourneaux à manche où il se perdait beaucoup de cuivre dans les mattes qui en résultaient.

Ce sont ces minerais qui avaient particulièrement attiré mon attention à mon arrivée dans ce pays, et je me propose de donner les résultats du travail que j'avais entrepris dans le but d'examiner leur nature chimique et minéralogique.

Minerais oxysulfurés.

Caractères généraux. Avant de décrire les principales espèces et variétés de cette classe de minéraux, je vais indiquer ce qu'ils présentent de commun dans l'ensemble de leurs caractères physiques et chimiques, et ce qui les fait distinguer des autres.

Caractères physiques. Les oxysulfures de cuivre se trouvent toujours en masses amorphes, douées d'un éclat métallique terne, d'un gris d'acier, tirant tantôt au noir, tantôt au gris de plomb, et tantôt présentant un reflet rougeâtre. On y re-

Digitized by Google

marque souvent un réseau noir sur un fond gris métallique; mais le minéral n'est jamais terreux ni tachant les doigts, il est tendre, se laisse couper au couteau; sa structure est compacte, quelquefois grenue ou semi-lamellaire, sa cassure inégale ou imparfaitement conchoïde.

La pesanteur spécifique varie de 4,82 à 5,69, et en général elle est d'autant plus grande que le minéral contient plus de sulfure.

Au chalumeau: Toutes les espèces de ce minéral sont fusibles avec bouillonnement et dégagement d'acide sulfureux, et forment dans le plus grand nombre des cas, une scorie boursouflée remplie de particules métalliques rouges. Les espèces qui contiennent un excès de deutoxyde sont moins fusibles que les autres, et les plus fusibles sont celles qui contiennent du deutoxyde et du sulfure, en proportions à peu près convenables pour se réduire en cuivre. Dans quelques cas, on voit la flamme se colorer en bleu, et il se dégage des vapeurs blanches d'acide muriatique. Du reste, sur le charbon et avec les réactifs, les phénomènes sont ceux que présente le protosulfure de cuivre pur (cuivre vitreux).

Caractères chimiques. Le minéral est toujours attaquable par l'acide muriatique, par l'acide nitrique faible et à froid, par l'acide acétique, par le carbonate d'ammoniaque et par l'ammoniaque; laissant pour résidu un sulfure noir de cuivre. Les deux derniers réactifs et l'acide acétique n'attaquent que difficilement les dernières parties de deutoxyde et même ne l'enlèvent pas complétement. L'acide nitrique au contraire agit vivement même lorsqu'il est très-étendu d'eau, mais il attaque en même temps un peu de sulfure. La sépa-

Digitized by Google

ration de ce dernier ne s'opère complétement qu'au moyen de l'acide muriatique pur. Le sulfure récemment séparé a une grande tendance à se changer en sulfate par l'action de l'air.

Mode d'analyser. L'analyse de ces minerais se fait au moyen de l'acide muriatique pur, en chauffant un peu le tout, et lavant le résidu avec de l'eau bouillie par décantation. On termine le lavage sur un filtre sans plis, taré, et on sèche le sulfure, dans le papier joseph, à la chaleur inférieure au degré de l'ébullition. Cependant, malgré toutes les précautions qu'on prend, il y a toujours une petite portion de sulfure changée en sulfate, et on ne peut déterminer la partie soluble dans l'acide muriatique et la partie insoluble qu'en dosant tous les éléments directement. On reprend le sulfure par l'eau régale; on dose le soufre en partie à l'état pur, en partie à l'état d'acide sulfurique (au moyen d'un sel de baryte), et puis on sépare le cuivre du fer en passant dans la liqueur un courant d'hydrogène sulfuré. On reprend le précipité qui en résulte par les acides, pour précipiter ensuite le cuivre par la potasse, et quant à la liqueur renfermant le fer, on l'évapore presque à siccité en ajoutant de l'acide nitritique, et on précipite le fer par le *carbonate d'ammoniaque*. Certaines variétés du minéral m'ayant accusé la présence du zinc, je séparai celui-ci du protoxyde de fer en faisant digérer le précipité de fer humide dans le carbonate d'ammoniaque, et en faisant bouillir et évaporer la liqueur ammoniacale jusqu'à siccité, en ajoutant du carbonate de potasse, etc. Quant à la dissolution muriatique contenant le deutoxyde du minerai, comme elle renferme les mêmes éléments que celle du sul-

Digitized by Google

fure, excepté le soufre, on la traite de la même manière que cette dernière. C'est la marche que j'ai suivie dans mes analyses, et je n'ai été forcé de la varier que dans les cas où le minerai contenait du carbonate ou du chlorure, comme j'aurai l'occasion de le dire dans la suite.

Composition chimique. Les sulfures qui entrent dans la composition des minerais oxysulfurés se rapprochent toujours de l'un des trois sulfures :



$$S^2 Cu^3 — S^3 Cu^4 — S Cu.$$

On n'y trouve jamais le protosulfure $S Cu^2$. Il paraît que ces trois espèces de sulfure peuvent se combiner en toute proportion avec le deutoxyde Cu.

Essais par voie sèche. L'oxyde et le sulfure de cuivre se décomposent réciproquement par la chaleur; par conséquent tous les minerais oxysulfurés calcinés dans un creuset nu et bien couvert, sans ajouter aucun réactif, produisent du cuivre métallique et en même temps du protoxyde de cuivre, si le minerai contient un excès du deutoxyde, ou bien des mattes, si le minerai contient un excès de sulfure. Comme d'ailleurs la méthode qu'on adopte actuellement dans le pays pour le traitement des minerais de cuivre, consiste à fondre dans les fourneaux à reverbères des mélanges artificiels d'oxydes et de sulfures, afin de produire ; le plus tôt possible et à la première fusion, une certaine quantité de cuivre, il importe beaucoup aux fondeurs de savoir comment ils doivent considérer certains de ces minerais *acerados*, qui tantôt produisent des mattes, tantôt de l'oxyde. Une simple fusion au creuset d'argile, sans addition d'aucun réactif, peut déjà indiquer si le minerai doit être considéré

comme sulfure ou comme oxyde; combien de soufre il contient, et combien de cuivre se sépare par la simple réaction des éléments constitutifs du minerai. Les résultats de cet essai, combinés avec ceux d'un essai ordinaire qui aurait pour but de déterminer la quantité de métal contenu dans le minerai, peuvent donner des notions assez exactes sur la nature même de ce minerai. Malheureusement, comme il n'y a pas de fondants qui soient tout à fait sans action soit sur l'oxyde, soit sur le sulfure, il n'est pas facile de bien séparer le cuivre de la scorie et de la matte dans une fusion au creuset nu. Plus il se forme de mattes et de scories, plus elles retiennent de cuivre en grenailles ou en particules très-fines disséminées au milieu d'une masse poreuse et boursouflée; en outre, lorsque le minerai contient un excès d'oxyde, l'argile du creuset étant perméable au silicate de protoxyde, il se perd une certaine quantité de ce dernier dans les parois du creuset qu'il corrode. En tout cas, le culot d'essai, composé d'un bouton de cuivre rouge et de matte ou scorie, se détache facilement du creuset, et on peut doser, avec la plus grande exactitude, le soufre contenu dans ce culot, en le traitant par l'eau régale (par la v. h.) ou bien par le nitre au creuset d'argent. Ce dernier moyen me sert pour vérifier les analyses des minerais qui contiennent un excès de sulfure. Je prends à cet effet 10 grammes de minerai cru, que j'introduis au fond du creuset, et après avoir bien réuni et comprimé la matière, j'adapte un couvercle muni d'un trou pour le dégagement des gaz, et je fonds à la température des essais de cuivre. Le creuset refroidi, on détache le culot entier, on le pèse, et puis, en le frappant légère-

Digitized by Google

ment dans un mortier couvert, on sépare le bouton métallique et on broie et porphyrise le reste dans un mortier d'agathe.

On peut recueillir presque la totalité des grenailles en lavant la partie broyée. On pèse le bouton métallique réuni aux grenailles, et on note la quantité de matte et scorie qui se perd dans le cassage, pour en tenir compte dans la détermination du soufre. Il ne reste enfin qu'à reprendre la partie broyée par l'eau régale, ou à la traiter par le nitre pour doser le soufre, etc.

On trouve par ce moyen que la quantité de soufre dégagé dans la fusion correspond exactement à l'oxygène du deutoxide contenu dans le minéral et qui peut produire l'acide sulfureux.

Outre ces espèces d'essais qui m'ont servi pour vérifier les résultats de mes analyses, j'en ai fait d'autres qui avaient pour but de déterminer l'influence qu'exercent sur les minéraux le combustible, la gangue du minerai et les flux. On a reconnu que le charbon réduisant l'oxyde avant que celui-ci réagisse sur le sulfure, la quantité de matte augmente par l'action du combustible; que le borax produit un effet analogue en dissolvant une certaine quantité d'oxyde; qu'enfin la gangue siliceuse et la silice n'influent pas sur la réduction de l'oxysulfure, par la raison que celui-ci se décompose à une température plus basse que celle à laquelle la silice commence à réagir sur l'oxyde.

Comment les minerais se trouvent dans la nature. La plupart des minéraux oxysulfurés de cuivre ne se rencontrent dans la nature que formant des veines assez régulières de $\frac{1}{2}$, 1, 2 et jusqu'à 2 $\frac{1}{2}$ pouces de largeur au milieu d'une gangue siliceuse

Digitized by Google

(hydrosilicate de cuivre) qui constitue deux lisières bleuâtres, parallèles l'une à l'autre, et encaissant la veine du minéral. Quelques espèces ont été trouvées formant des rognons au milieu d'une salbande argileuse ou feldspathique ; mais alors même on voit toujours ces rognons enveloppés d'une croûte siliceuse qui les empâte, comme si cette croûte imperméable aux gaz était la cause qui eût empêché le dégagement de l'acide sulfureux, et par conséquent la réduction de l'oxysulfure, lors de sa formation ou à des époques postérieures.

Minéraux associés. Les minéraux qui se trouvent associés aux oxysulfures sont le protoxyde de cuivre et le cuivre métallique. Dans la plupart des cas on voit de la symétrie dans la position que la veine occupe au milieu du filon et dans celle des minéraux associés à l'égard de l'oxysulfure.

Gisement. Je ne connais pas encore assez les terrains des Cordillières, et je n'ai pas assez voyagé dans ces montagnes pour être en état d'indiquer la position que prennent les gîtes métallifères de cuivre dans l'ensemble du système. On sait qu'en général ce système se compose de granites et de différentes roches porphyroïdes auxquelles se trouvent associés des débris d'un terrain ancien stratifié. Or, les mines d'or appartenant aux granites et roches granitoïdes micacées, la plupart des mines de cuivre que j'ai vues, se trouvent au contact ou dans le voisinage du contact de ces terrains avec les porphyres verts (porphyres dioritiques, porphyres amphyboliques, et diverses roches compactes, tantôt quartzeuses, tantôt feldspathiques, dont je ne connais pas encore bien la nature minéralogique, ni la composition). Les mines qui se

Digitized by Google

rapprochent le plus des terrains aurifères, ne renferment ordinairement que des minerais oxygénés (metales de color), tandis que les sulfures paraissent avoir leur gisement au milieu des porphyres mêmes et à de grandes profondeurs. Les mêmes filons qui, à leurs affleurements, avaient produit des oxydes, passent aux sulfures dans la partie inférieure de la mine (mina de Tambillos, de Tamayá, de la Yguera, etc.) : quant aux oxysulfures, ils s'associent plutôt aux oxydes qu'aux sulfures, leur gisement est analogue à celui des oxydes, et ils forment des mines à part qui se trouvent au contact des roches granitoïdes, comme nous aurons l'occasion de le prouver en décrivant les mines d'oxysulfure de Andacollo.

Mode de distinguer les oxysulfures proprement dits de certains mélanges de deutoxyde et de sulfure provenant de la décomposition de cuivres pyriteux. Les mélanges sont toujours terreux, tachant les doigts, très-hétérogènes, renfermant des parties pyriteuses, et formant des nids et rognons au milieu de pyrites, leur gangue est toujours la même que celle des pyrites dont ils tirent l'origine, et ils ne forment jamais de veines au milieu de l'hydrosilicate de cuivre. Au contraire je n'ai jamais vu les oxysulfures dans le voisinage immédiat de cuivres pyriteux et de cuivres panachés, et le minéral est toujours homogène, ne contenant pas de parties pyriteuses.

Loin d'envisager les minerais oxysulfurés comme des mélanges provenant de la décomposition accidentelle des autres minerais, je suis porté à croire que la plupart des cuivres natifs de ce pays, et plusieurs sortes de minerais qui consistent dans des mélanges de protoxyde et de cuivre métal-

Digitized by Google

lique, ne sont que des minerais *métamorphiques* provenant de la réduction des oxysulfures par des causes postérieures à la formation seule de ces derniers.

Passons maintenant à la description des espèces, dans lesquelles on a observé trois genres particuliers.

I. Minéraux *oxysulfurés* ;

II. Minéraux *carbonato-sulfurés*,

III. Minéraux *sulfo-chlorurés*.

ARTICLE PREMIER. *Minéraux oxysulfurés purs.*

Parmi les diverses espèces de ces minerais, on n'a pas encore rencontré l'oxysulfure contenant de l'oxyde et du sulfure en proportions convenables pour transformer tout en cuivre; mais il y en a qui renferment près de 50 p. $\frac{0}{0}$ de deutoxyde et autant de sulfure; il y en a d'autres, et c'est le cas le plus ordinaire, qui contiennent un excès de sulfure; d'autres enfin renferment un excès de deutoxyde, et dans ce cas, il est rare qu'ils ne contiennent pas en même temps du chlore ou de l'acide carbonique. Voici la composition de cinq variétés d'oxysulfure que j'ai analysées.

DÉSIGNATION DES ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS DES MINERAIS.	Villador. (1)	Andacollo. (2)	Andacollo. (3)	El Tambo. (4)	Andacollo. (5)
Pesanteur spécifique.	4,95	4,82	4,87	5,657	5,69
Partie soluble dans l'acide muriatique, oxydes.	0,538	0,513	0,491	0,357	0,199
Partie insoluble dans l'acide muriatique, sulfures.	0,409	0,452	0,495	0,624	0,800
Gangues.	0,029	0,024	0,008	0.020	»
Oxydes. Deutoxyde de cuivre.	0,538	0,494	0,468	0,352	0,191
Oxydes. Peroxyde de fer. . .	»	0,019	0,023	0,005	0,005
Oxydes. Oxyde de zinc. . . .	»	»	»	»	0,003
Sulfures. Cuivre.	0,289	0,303	0.305	0,442	0,586
Sulfures. Fer.	»	»	0,021	»	0,002
Sulfures. Zinc.	»	»	»	»	0,004
Sulfures. Soufre.	0,120	0,149	0,169	0,182	0,208
Sulfures. Gangue.	0,027	0,024	0,008	0,020	»
Sulfures. Chlore.	0,002	»	»	»	»

(1) Oxysulfure provenant de la mine de Villador (située à deux lieues au nord de Coquimbo). Ce minéral est d'un gris métallique noirâtre, il est homogène ; sa structure est grenue, à grains très-fins, sa cassure inégale ou imparfaitement conchoïde. Au chalumeau, il colore la flamme en bleu, mais il est moins fusible que les espèces (2) et (3). Pour doser le chlore, on a traité à part 2 grammes de minéral par l'acide nitrique faible et à froid ; on a précipité le chlore par le nitrate d'argent, et on a fondu le chlorure d'argent dans une capsule de porcelaine tarée, etc.

Le sulfure contenu dans ce minéral ayant donné,

			rapport.	atom.
Sur 0,409	Soufre.	0,120	(595=135+460)	(3)
	Cuivre.	0,289	(730=270+460)	(4)

on voit que sa formule atomique se rapproche de celle-ci $Cu^4 S^3$, ou bien on peut considérer ce sulfure comme composé de 2 atomes de deutosulfure, et 1 atome de protosulfure.

Gisement. La mine qui produit ce minerai ne se trouve qu'à une lieue de distance des roches syénitiques de la côte; elle est dans le voisinage ou peut-être au contact même des diorites avec des porphyres verts. C'est une des mines les plus anciennes de Coquimbo, et on en a retiré d'énormes quantités de minerais oxygénés. En jugeant d'après l'irrégularité d'anciens travaux et la disposition des veines métallifères aux affleurements, on est porté à croire que la mine ne forme qu'un amas irrégulier (un stockwerk) et non pas un filon. On y distingue la *mine haute*, qui ne produit que des oxydes, des carbonates et une grande variété de silicates, et la *mine basse*, située à l'est, et beaucoup au-dessous de la première, où on voit une veine de cuivre pyriteux se détacher de la grande masse de minerais oxydés, et descendre en forme de cheminée presque perpendiculairement, ayant pour salbande une argile blanche ou jaunâtre. L'oxysulfure n'a été trouvé que dans la mine haute, qui ne renferme pas de cuivre pyriteux, et la gangue de l'oxysulfure est un hydrosilicate de cuivre bleuâtre, au milieu duquel il forme des veines minces très-irrégulières. Le chlore ne se trouve que dans les veines mêmes d'oxysulfure et non pas dans la gangue.

En outre, tous les minerais oxygénés de cette mine contiennent quelques traces d'or, et la mine se trouve dans le voisinage des anciennes mines d'or de Coquimbo.

Digitized by Google

5 grammes de ce minéral, fondus dans un creuset nu, sans addition, ont donné : Voie sèche.

	gr.	
En cuivre rouge.	2,801	56 p. 0/0
Scories, mattes (avec quelques particules de cuivre).	0,584	

Les mattes et scories contenaient :

Soufre.	0,09
Soufre contenu dans 5gr. de minerai cru.	0,60
Soufre volatilisé.	0,51
Oxygène contenu dans le deutoxyde (sur 5 grammes).	0,53

5 grammes de minerai cru, et 5 grammes de borax vitrifié, fondus dans un creuset nu ont produit 3gr,905 de matte, une scorie rouge très-boursouflée et point de cuivre métallique.

(2) *Minéral de la mine de las Barrancas de Andacollo* (mine de Saint-Ander). Ce minéral est d'un gris métallique moins foncé que le précédent; il a une structure compacte et présente un réseau noir sur un fond métallique gris. Il contient quelques traces d'acide carbonique. Au chalumeau il bouillonne et forme une scorie poreuse adhérente, et contenant des particules disséminées de cuivre. Le sulfure qui entre dans la composition de ce minéral est le deutosulfure SCu, et le rapport atomique du deutosulfure au deutoxyde étant comme 3 à 2, la formule de composition dudit minéral serait :



$$2\,C'u + 3\,\dot{C}u.$$

Dix grammes de ce minéral fondu sans addition ont donné un bouton de cuivre rouge entouré de matte et de scorie. Voie sèche.

Digitized by Google

	gr.
Le bouton métallique pesait.	4,052
Scorie matte et grenailles.	3,982

Les scories et mattes, traitées par l'eau régale, ont donné :

Soufre.	0,436	
Soufre contenu dans 10gr. de minéral.	1,490	
Soufre volatilisé.	1,054	SO^2
Oxygène contenu dans 4gr.94 de deutoxyde de cuivre que renfermaient les 10gr. de minéral.	0,996	SO^2

(3) *Minéral de Andacollo*, de la même mine que le précédent. Cette espèce d'oxysulfure forme des veines très-régulières d'un pouce de largeur; elle est d'un gris de plomb plus clair que le minéral (2) et d'un éclat plus prononcé. Elle est tendre et très-fusible.

Le sulfure qui entre dans la composition de ce minerai est le deutosulfure C'u; en supposant que le fer s'y trouve à l'état de protosulfure F', on aurait :

				at.	
0,4948 de sulfure	Soufre.	0,1692	—	(841)	(14)
	Cuivre.	0,3048	—	(771)	(13)
	Fer. .	0,0208	—	(61)	(1)

La formule atomique serait F' $C'u^{13}$.

Il est probable que le fer se trouve aussi à l'état de protoxyde dans les oxydes, et que tout le minéral est composé d'un oxysulfure double de fer et de cuivre.

(4) *Minéral des environs del Tambo* (à 13 lieues à l'est de Coquimbo). Ce minéral est remarquable par sa grande homogénéité et son éclat vif d'un gris d'acier qui ne se ternit pas à l'air. Sa cassure est inégale, sa structure compacte; on n'y voit pas de parties noires comme dans les espèces précédentes, et on y remarque une certaine dispo-

Digitized by Google

sition à former des lamelles courbes : il est doux au toucher et plus tendre que les précédents. Au chalumeau il ne bouillonne pas autant, mais il lance des gouttes ignescentes (comme le cuivre vitreux pur) et laisse une croûte qui ne se fond pas. Il est moins attaquable par le carbonate d'ammoniaque et par l'acide acétique que les espèces précédentes. C'est cette espèce d'oxysulfure que les mineurs du pays appellent particulièrement *metal plateado*, minerai argenté, à cause de son éclat métallique clair, tirant au blanc d'argent.

L'échantillon que j'ai analysé provient d'un gros rognon de minerai massif pur, trouvé dans un filon près du Tambo. Le rognon avait une enveloppe siliceuse verte, mince, analogue à l'hydrosilicate qui encaisse les veines d'oxysulfure dans les autres mines de cette espèce. Le sulfure qui entre dans la composition du minéral se rapproche du sulfure Cu^4S^2.

7 grammes de ce minéral, fondus sans addition à la température des essais de cuivre, ont donné un culot qui s'est détaché, emportant à sa surface une légère pellicule de l'argile du creuset. Le cuivre formait à la surface du culot une lame métallique mince, flexible, et présentant quelques formes dendritiques analogues aux dendrites du cuivre natif.

La lame pesait.	gr. 1,034	— 14,7 p. 0/0
On a trouvé dans la matte, soufre.	0,86	
Soufre contenu dans 7gr. de minerai.	1,28	
Soufre volatilisé.	0,42	SO^2
Oxygène contenu dans le deutoxyde (sur 7gr. de minerai.	0,43	

(5) *Minéral de la mine de las Barrancas de Andacollo* (mine de Videla). — Ce minerai diffère beaucoup des autres quant à son aspect extérieur. Il est noir, sans éclat métallique, mais prenant facilement du poli sous le couteau; il est tendre, friable, et lorsqu'on l'écrase dans un mortier d'agate, il se réduit d'abord en poudre grisâtre, semi-métallique, et ensuite en une poussière noire.

Il a une structure semi-lamellaire avec indices de quelques clivages très-irréguliers. Au chalumeau, il se fond en une boule noire non boursouflée avec dégagement d'acide sulfureux, et projetant des étincelles comme l'espèce précédente (4).

En négligeant les petites quantités de fer et de zinc contenues dans le sulfure, la composition étant :

	rap.	at.
Soufre.	0,208	(10)
Cuivre.	0,586	(15)

on doit envisager ce sulfure comme composé de $Cu^3 S^2$.

Le carbonate d'ammoniaque n'attaque que partiellement cet oxysulfure, et l'acide acétique ne lui enlève que le tiers du deutoxyde qu'il contient.

Avant de décrire le gisement des mines de Andacollo, je dois dire quelques mots sur une espèce particulière des mêmes minerais, celle qui renferme toujours une proportion notable d'acide carbonique.

Digitized by Google

ART. II. *Minerais carbo-sulfurés.*

Voici la composition des deux variétés de cette espèce de minerai que j'ai analysées.

DÉSIGNATION.	ANDACOLLO	
	(6)	(7)
Partie soluble dans l'acide muriatique pur.	0,68	0,33
Partie insoluble, sulfures.	0,31	0,64
Oxydes. de cuivre.	0,5680	[illegible]
Oxydes. Peroxyde de fer.	0,0064	0,005
Oxydes. Oxyde de zinc.	0,0192	0,012
Acide carbonique.	0,0060	0,008
Eau.	0,0254	
Sulfures. Soufre.	0,0928	0,125
Sulfures. Cuivre.	0,2062	0,394
Sulfures. Fer.	0,0612	0,034
Sulfures. Zinc.	0,0036	0,027
Sulfures. Gangue.	0,0160	0,095
	1,0004	0,971

Les oxysulfures de Andacollo ne contiennent pas de chlore, mais la plupart de ces minerais renferment de l'acide carbonique dont la proportion est très-variable. Des deux minéraux dont on vient de donner l'analyse, le premier (6) est d'un gris noir doué d'un faible éclat métallique; l'autre (7) est d'un gris de plomb beaucoup plus clair, ressemblant au minéral (3) du groupe précédent. Le premier est le moins fusible de toutes les variétés d'oxysulfures que j'ai examinées; tandis que le second est fusible avec bouillonnement. Celui-ci ne contient qu'une faible proportion d'acide carbo-

Digitized by Google

nique, et son sulfure se rapproche de la formule Cu^3S^2, tandis que l'autre renferme plus de 6 p. o/o d'acide carbonique, et le sulfure appartient à l'espèce Cu^4S^3. Du reste, le premier, étant chargé d'un grand excès de deutoxyde, produit, en se fondant, beaucoup de cuivre et de l'oxydule; le second ne donne que peu de cuivre et beaucoup de matte.

En général, les espèces qui renferment du carbonate constituent des veines plus larges que les oxysulfures purs; ces veines se trouvent en même temps mélangées d'oxydule qui tantôt forme des veines capillaires au milieu d'une masse métalloïde, tantôt se dissémine en particules presque imperceptibles donnant au minéral une structure grenue, composée de grains extrêmement fins de diverses couleurs, noir, rouge, vert et métalloïdes. Quelquefois ce mélange devient compacte, à cassure semi-conchoïde, et on ne reconnaît la présence de l'oxydule que par la couleur rougeâtre de la poussière. Un échantillon de cette dernière variété, essayé par l'acide muriatique, a donné une liqueur brunâtre, qui, par une addition d'eau, a formé un précipité blanc de protochlorure de cuivre. Ce minerai ayant été traité d'abord par l'ammoniaque, puis par l'acide muriatique pur, a donné pour résidu un sulfure analogue au sulfure de l'espèce (6), et dont la formule est Cu^4S^3.

La partie carbonatée du minerai se dissout dans l'acide acétique sans difficulté, mais l'effervescence ne se détermine qu'au bout de quelque temps, et en chauffant un peu la liqueur. Le résidu retient toujours du deutoxyde qui ne peut lui être enlevé qu'au moyen de l'acide muriatique.

Digitized by Google

En prenant des morceaux de ce minerai, le plus homogène possible, et en les laissant quelque temps dans l'acide muriatique pur, même étendu, les morceaux se réduisent en poudre, et lorsque l'effervescence a cessé, cette poussière devient excessivement fine, homogène, noire, et s'oxyde très-promptement à l'air.

Dosage de l'acide carbonique et de l'eau.

On a dosé l'acide carbonique en équilibrant à la balance d'essais un flacon contenant de l'acide muriatique, et en introduisant ensuite dans le flacon 5 gr. de minerai bien porphyrisé; on a pesé le tout à différentes reprises jusqu'à ce que l'acide carbonique cessât de se dégager, et la matière de diminuer de poids. Pour éviter l'erreur qui pourrait, dans ce cas, provenir de l'évaporation de l'eau, on avait adapté au bouchon du flacon un tube effilé rempli de morceaux de chlorure de calcium; le flacon a été équilibré avec ce flacon au moment même où on allait introduire le minerai, et, immédiatement après l'introduction de ce dernier, on a bouché le flacon et on l'a pesé à différentes reprises, jusqu'à ce qu'il ne variât plus de poids. Deux essais faits de cette manière m'ayant donné les mêmes résultats, on a dosé l'acide carbonique par la diminution du poids. Quant à l'eau, il m'a été impossible de la doser directement, à cause d'une certaine quantité d'acide sulfureux qui se dégage vers la fin de l'opération, et qui se condense dans le tube à chlorure de calcium et en augmente le poids.

Il est aussi impossible de déterminer exactement la composition du carbonate de cuivre qui fait partie de ce minéral, parce que les mêmes réactifs qui servent à dissoudre ce dernier enlèvent à l'oxysulfure une partie de son deutoxyde. Ainsi,

Digitized by Google

en traitant le minéral (6) par l'acide acétique, il se dissout 0,529 de substance qui contient

Deutoxyde de cuivre.	0,438	0,829
Acide carbonique. .	0,066	0,124
Eau.	0,025	0,047
	0,529	1,000

D'après la proportion dans laquelle s'y trouvent l'eau et l'acide carbonique, on voit que le carbonate se rapproche de la composition du carbonate vert.

Composition de la gangue.

La gangue qui constitue les deux bandes siliceuses vertes, dans lesquelles se trouve encaissée la veine de l'oxysulfure (6), est un mélange de carbonate de chaux, de carbonate de cuivre, de silicate de cuivre et de calamine.

Voici sa composition :

Carbonates.	0,305	Deutoxyde de cuivre. . .	0,173
		Oxyde de zinc.	0,006
		Peroxyde de fer.	0,003
		Chaux.	0,022
		Acide carbonique et eau.	0,101
Silicates. .	0,695	Silice.	0,549
		Deutoxyde de cuivre. . .	0,075
		Oxyde de zinc.	0,030
		Peroxyde de fer.	0,021
			0,986

Il est à remarquer que la proportion d'eau et d'acide carbonique du carbonate est presque la même dans la gangue que dans le minerai oxysulfuré, et par conséquent, l'eau et l'acide carbonique paraissent être presque également répartis dans la veine métallifère du milieu et dans les deux lisières siliceuses qui la limitent.

Essais par la voie sèche.

Les minerais de cette espèce se trouvent en abondance, et leur traitement ayant présenté aux

Digitized by Google

fondeurs quelques difficultés, on a fait au laboratoire du collége de Coquimbo plusieurs essais par la voie sèche, pour examiner l'influence qu'exercent sur ces minerais, à la température de la fusion, le combustible, la gangue du minerai, le feu, etc. Quatre essais dont le résultat est ci-après indiqué ont été faits en même temps dans un fourneau rectangulaire, assez grand pour pouvoir contenir quatre petits creusets à la fois.—(Le minerai essayé est du n° 6.)

1° Culot bien fondu, composé de deux parties, le cuivre rouge formant un bouton au fond du creuset et une écorce rouge en forme de champignon, composée d'oxydule et renfermant du cuivre capillaire.—Le bouton a été trouvé pur, malléable, et tout le culot dissous dans l'eau régale n'a pas donné de trace de soufre. Le creuset s'est trouvé corrodé jusqu'à moitié de ses parois par l'oxydule. Le bouton de cuivre pesait 6gr,6 (66 pour cent) de cuivre.

10 grammes de minéral pur dans un creuset nu.

2° Culot aggloméré; le centre composé d'une matière friable, brunâtre, contenant des particules de cuivre disséminées dans le protoxyde, et tout le culot entouré de globules noirs, de masses inégalement distribuées à la circonférence et dont quelques-unes se trouvaient disséminées dans la brasque. On voit qu'il y a eu en même temps réduction de l'oxyde par la voie de cémentation et décomposition de l'oxysulfure au centre, et que probablement une partie d'acide sulfureux, en se portant du centre vers la circonférence, s'est décomposée au contact de la brasque en sulfurant le cuivre récemment réduit. Dans le culot et les mattes traitées par l'eau régale, on a trouvé: soufre, 0,634. Par conséquent le minerai n'a

10 grammes minéral pur dan un creuset brasqué.

Digitized by Google

perdu que 0,29 de soufre, moins que le tiers du soufre qu'il contenait.

10 grammes de minéral pur, fondus avec 3 gr. de gangue du même minéral, sans addition d'aucun flux et dans un creuset nu.

3° Le culot a été poreux, boursouflé, peu homogène, s'écrasant sous le pilon d'agate, et présentant dans son intérieur des grains très-irréguliers, dendritoïdes, de cuivre rouge, au milieu de particules de protoxyde et d'une scorie noirâtre. On trouve des mélanges analogues dans quelques mines de Andacollo au milieu des argiles et gangues pierreuses. Le culot essayé par l'eau régale n'a pas donné la moindre trace de soufre.

10 grammes de minéral pur, fondus avec 10 gr. borax vitrifié dans un creuset nu.

4° On n'a obtenu que le tiers du cuivre rouge qu'avait produit la fusion du même minéral sans addition. Le bouton métallique a été entouré de mattes, et celles-ci recouvertes par une scorie rouge, chargée de protoxyde.

On voit par conséquent que le contact du combustible et de certains flux qui, à une basse température, agissent sur le minerai, produisent presque le même effet, le premier réduisant l'oxyde, et les autres l'absorbant avant qu'il commence de réagir sur le sulfure. En tous cas, le sulfure passe à l'état de protosulfure, et la quantité de matte augmente. On voit en outre que la gangue du minerai n'influe pas sur la formation des mattes et ne fait que rendre le minerai plus difficile à fondre. De là il n'est pas difficile de prévoir tout l'avantage qu'on a à traiter ce minerai dans les fourneaux à réverbère, et la perte en mattes qui doit résulter de leur traitement aux fourneaux à manche. Du reste, ce minerai ne contenant presque pas de fer, ni antimoine, ni arsenic, on en extrait presque la totalité de cuivre pur dans une seule fusion, en y ajoutant à peu près 7 pour cent de minerai pyriteux ordinaire, qui contient plus

Digitized by Google

ou moins de 30 pour cent de soufre(1). Quant à la gangue, on la rend plus fusible et on extrait le cuivre qu'elle contient en y ajoutant pour fondant de l'oxyde de fer ou de manganèse, et que les fondeurs du pays appellent communément *liga*.

Je me propose maintenant de donner quelques notions sur le gisement de tous ces minerais d'Andacollo, que je viens d'examiner, et que j'ai recueillis dans les mines mêmes que j'ai visitées.

Gisement des mines de Andacollo.

Les mines de Andacollo sont placées à 14 lieues au S.-E. de Coquimbo, et à peu près à 7 lieues de la mer. En partant de Coquimbo, on suit d'abord une vallée longitudinale qui va du N. au S., et qui se trouve séparée de la côte granitique de la mer par un chaînon de diorites et porphyres dioritiques; puis, à 7 lieues de la ville, on prend à gauche, on entre dans un ravin qui se dirige à l'E., et on monte une des côtes les plus élevées de l'intérieur du pays. Chemin faisant, on ne voit que des porphyres de différents aspects et très-irré-

	liv.
(1) Soufre contenu dans 1 quintal de ce minerai pur.	9,28
Oxygène du deutoxyde.	11,32
Excès d'oxygène.	2,04
Soufre à ajouter.	2,06

Ce qui équivaut à peu près à 7 livres de pyrite ordinaire. La plupart des anciennes scories, chargées de mattes et des grenailles, et qui ont été l'objet de spéculations dans ces derniers temps, provenaient du traitement, dans les fourneaux à manche, des minerais appelés *Acerados* ou *Plateados*.

gulièrement disposés, parmi lesquels on distingue (près de Mayteneillo) un porphyre amygdaloïde au contact des filons quartzifères, et des porphyres rouges et verts à gros cristaux feldspathiques. Après deux heures d'une montée rapide, on arrive au sommet d'un plateau dont le centre se trouve rabaissé, aplani, et la circonférence garnie de montagnes tout à fait arides, privées de végétation et couvertes de déblais d'anciennes mines d'or actuellement abandonnées. C'est au centre de ce plateau, au milieu d'une nature triste et sauvage, que se trouve situé le joli village de Andacollo, avec sa belle église et une population de plus de mille âmes, dont l'unique occupation consiste à extraire l'or des sables qui recouvrent la plaine élevée du plateau.

Cette plaine s'allonge du N.-N.-O. au S.-S.-E.; elle a plus d'une lieue et demie de longueur, sur à peu près une lieue de largeur; elle s'incline vers le nord et se trouve un peu relevée du côté sud. Les rochers qui l'environnent et qui lui servent de *parapet* se composent de différentes variétés de masses granitoïdes, passant tantôt à des roches quartzeuses ou feldspathiques compactes, tantôt prenant un aspect porphyroïde. Ces rochers se trouvent traversés par des filons quartzeux aurifères, et les principaux minéraux qui accompagnent ce métal sont des hydrates de fer vers les affleurements, et des pyrites de fer dans le bas. Ces filons affleurent généralement sur des pentes qui sont tournées vers le centre du plateau, et non pas sur des pentes extérieures.

On conçoit que la plaine comprise dans le circuit des montagnes qui l'environnent n'a pu être formée que des débris de ces montagnes mêmes,

Digitized by Google

et de ceux de l'ancien sommet de la masse centrale. Aussi le terrain du plateau est un terrain de transport, argilo-sableux, contenant des blocs et cailloux roulés, de même nature que les rochers environnants et les filons qu'ils encaissent. On y trouve des fragments de granite, des cailloux quartzeux, des cailloux de fer micacé, de fer hydraté et titané (?), des fragments porphyriques et de l'or. Le terrain n'a que 40 à 50 pieds d'épaisseur, et repose immédiatement sur un granite tendre et friable, se désagrégeant à l'air, et composé de feldspath blanc, de mica noir ou de couleur de bronze, et de quartz. La surface du granite au-dessous des alluvions est rasée presque horizontalement, comme on peut le voir dans un des principaux ravins qui sillonnent la plaine, et c'est au contact du granite et du terrain de transport, c'est-à-dire à la partie la plus basse de ce dernier, qu'on trouve les *veines* de sables aurifères chargées de cailloux d'oxyde de fer, dont l'abondance sert ordinairement à reconnaître la présence de l'or. Il paraît que ces *veines* ne sont que des lits d'anciens ruisseaux, car elles suivent la pente générale du plateau et occupent sa partie moyenne. C'est aussi à la profondeur de ces *veines*, près du contact du granite avec le terrain d'alluvion, que se rencontre une nappe d'eau, véritable richesse de cette localité, où il ne pleut que quatre ou cinq fois par an, et seulement dans les mois d'hiver. Cette eau suffit à peine aux habitants pour laver l'or et arroser un petit nombre d'arbres et jardins qui ornent le village. Les mêmes puits servent à extraire le minerai et l'eau nécessaire pour le lavage.

Ainsi, pour se former une idée générale du terrain, on n'a qu'à se figurer une masse graniti-

Digitized by Google

que énorme, très-élevée, aplatie, portant à son sommet un bassin d'alluvions modernes. Les bords du plateau se relèvent en rochers plus durs que ceux du milieu, et les pentes extérieures de toute la masse sont en porphyre. Les filons qui couronnent le plateau et courent dans les granites sont aurifères, tandis que ceux qui sortent des porphyres, soit en descendant vers la mer (mina de la Costadera, del Piñon, etc.), soit au sud vers la vallée de Limary, soit du côté S.-E. (mina de los Molles, de la Lajavilla, etc.), sont des filons de cuivre (1).

Maintenant, au milieu du plateau même, derrière le village de Andacollo et au-dessous des alluvions aurifères, on voit sortir une suite de rochers quartzeux qui s'allongent à peu près dans la même direction que la plaine. La masse qui constitue ces rochers est tantôt compacte, homogène, tantôt poreuse ou scoriacée, blanche, jaunâtre ou marbrée, en partie ferrifère; on la voit passer à des sables et terres qui tantôt ont l'aspect du kaolin, sont blancs et âpres au toucher, tantôt forment des collines rouges de couleur d'ocre; les parties les plus dures et les plus compactes se fendent verticalement et présentent des divisions prismatiques. C'est au contact de cette masse quartzeuse compacte (ne renfermant ni cristaux de feldspath, ni mica, ni amphibole) avec la roche granitique micacée, qui forme le fond du bassin, qu'on trouve le principal gisement de veines oxysulfurées de cuivre. Ces veines n'entrent pas dans le granite; elles coupent la roche compacte et se croisent en tous sens; mais les plus considérables courent du

(1) Voir la coupe théorique transversale de l'est à l'ouest. (*Pl. III, fig.* 1.)

Digitized by Google

N.-N.-E. au S.-S.-O. dans une direction qui correspond à celle de la plaine. Presque toutes sont verticales et n'affleurent que sur la pente qui est tournée vers le centre du plateau. En général elles ont pour salbande une roche blanche, à cassure terreuse, douce au toucher et happant un peu à la langue.

Voici maintenant de quelle manière le minerai et la salbande varient d'aspect et de composition dans un groupe de ces veines et filons qui constituent la principale mine de Andacollo, nommée mina de las Barrancas. En partant des affleurements qui se montrent près du sommet de la pente, et qui forment la partie supérieure de la mine, on n'y trouve que des hydrosilicates verts de composition très-variable, et dont quelques-uns à peine contiennent quelques traces de cuivre. Ces silicates courent dans une salbande blanche, se trouvent accompagnés par de l'hydrate de fer, et renferment des veines d'un silicate bleuâtre contenant 36 p. o/o de deutoxyde de cuivre (1). Plus bas, à 8 ou 10 mètres dans les filons supérieurs, et à peine à quelques pieds de profondeur dans les filons qui affleurent près du granite, commencent les veines oxysulfurées, accompagnées toujours des mêmes hydrosilicates, au milieu d'une salbande blanchâtre feldspathique, prenant quelquefois un aspect porphyroïde, et la roche encaissante étant encore dure et solide. A mesure que ces veines descendent, on les voit s'élargir, et en même temps l'on en voit paraître d'autres qui commencent à renfermer dans leur intérieur du protoxyde et du

(1) La composition de ce silicate est la même que celle du silicate bleu, que je rapporte à la fin du mémoire (analyse n° 1).

Digitized by Google

cuivre métallique. Plus bas, la salbande se change en une argile grise qui retient l'eau; la roche encaissante devient friable, sujette aux éboulements, et on arrive au cuivre métallique mélangé d'oxydule formant des barres et rognons irréguliers dont quelques-uns ont près d'un quintal de poids. On voit en même temps des particules de cuivre très-fines disséminées dans l'argile (1), comme on voit du cuivre réduit et disséminé dans un culot d'essai mélangé de gangue mal fondue. On arrive à cette argile à une trentaine de pieds au-dessous de la surface dans les filons qui affleurent près du pied de la pente (mina de Don Gervasio Hidalgo), et on est encore dans les oxysulfures à plus de 150 pieds de profondeur dans les filons supérieurs.

On n'a point encore assez approfondi ces mines pour connaître la succession des minéraux qui se trouvent au-dessous des cuivres natifs. La présence de l'eau et les éboulements rendent l'exploitation tellement difficile, que jusqu'à présent on ne travaille que dans la partie qui se trouve immédiatement au-dessus des argiles. On peut cependant observer,

1° Que dans tout le système de ces veines et filons, on ne voit ni pyrites, ni cuivres pyriteux ou panachés, ni sulfure de cuivre pur;

2° Que les veines d'oxysulfures prennent naissance au milieu d'hydrosilicates de cuivre, dont elles sont constamment accompagnées, et qui les empâtent;

3° Qu'enfin, le mode dont se présentent le plus ordinairement ces veines oxysulfurées dans la na-

(1) L'oxydule qui accompagne le cuivre natif se trouve quelquefois cristallisé en cubes très-petits.

ture est celui que nous allons indiquer ci-après. (*Pl. III*, *fig.* 2.)

Chaque filon contient une seule veine d'oxysulfure de 1 à 1 $\frac{1}{2}$ pouce de largeur, placée presque dans le milieu de la salbande; rarement il en contient deux; quelquefois la veine se ramifie avant de disparaître. Quant à la grande variété des veines et au mode dont elles se coupent et s'entre-croisent, la mine la plus intéressante à étudier sous ce rapport est celle de don Blase Solar, placée à la limite S.-O. du système. On y remarque cinq espèces de veines qui coupent la roche en toute direction.

1er *Cas.*—Veine d'oxysulfure entre deux veines de silicate.

2e *Cas.* — Veine de protoxyde entre deux veines de silicate.

3e *Cas.*—Une veine noire d'oxysulfure, placée au centre, et deux veines de protoxyde au contact de l'oxysulfure avec les silicates qui l'encaissent.

4e *Cas.* — Le même cas que le précédent; seulement le protoxyde est remplacé par le cuivre métallique.

5e *Cas.* — Un cas analogue au troisième; seulement l'oxysulfure s'y trouve remplacé par le protoxyde, et le protoxyde par le cuivre métallique. Les veines de silicate ne contiennent presque pas de cuivre (1). (*Pl. III*, *fig.* 3.)

En général, les veines les plus étroites sont en même temps les plus pures et les plus homo-

(1) Outre ces espèces de veines, il y en a d'autres, par exemple des veines de cuivre métallique au milieu des silicates; des veines d'oxydule ou de sulfure dont le centre est occupé par du cuivre, etc.

Digitized by Google

gènes. Lorsqu'elles ont plus de 2 pouces de largeur, il est rare d'en trouver plus d'une dans un filon, et dans ce cas, la direction correspond presque toujours à celle du plateau et à la direction de ces masses de rochers compactes quartzeux qui le traversent. On voit aussi des veines d'oxysulfure pur coupées par des veines de protoxyde pur ; ou bien des veines des nos 1 et 2, coupées par celles du n° 4. Dans ces croisements, il arrive presque toujours que la veine large suit la direction N.-N.-O., et l'autre, plus étroite, la coupe sous un angle presque droit. (*Pl. III*, *fig.* 4.)

Il arrive aussi que la veine d'oxysulfure s'amincissant, les deux autres veines contenant des silicates se rapprochent l'une de l'autre, se fondent en une seule, ou bien laissent au milieu un filet noir d'oxysulfure.

On voit par conséquent que toute cette mine n'est que la réunion d'une multitude de veines qui traversent une roche compacte, quartzeuse au contact de cette roche avec le granite. Il n'est pas facile de voir le contact des deux roches dans la mine que je viens de décrire; mais il existe, à quelques centaines de mètres de distance de celle-ci et dans la même montagne, une autre mine tout à fait semblable à la première et dans laquelle j'ai eu l'occasion d'observer ce contact dans une des galeries principales de la mine. Cette mine, nommée *mina de la Angostura* (appartenant à Marin) a été découverte, il y a peu de temps, par des gens qui creusaient des puits dans la couche supérieure du terrain, pour en extraire le sable aurifère. Un de ces puits ayant touché à l'endroit où le granit (que les laveurs d'or appellent communément *circa*) se trouve en contact avec la

Digitized by Google

roche compacte quartzeuse, on est tombé sur les affleurements des veines oxysulfurées, et on a découvert un groupe de ces veines semblable à celui de la Mina de las Barranças. Il y a ici plus d'irrégularité dans les filons que dans la mine précédente : les veines se coupent, s'interrompent et changent de direction ; l'eau commence presque au niveau du granite même, et on voit les filons au contact de ce dernier avec la roche quartzeuse. Un de ces filons, ayant deux à trois pieds de largeur, se trouve composé de veines argileuses et compactes, semblables à celles qui constituent la salbande de toutes les veines de la mine de las Barrancas, et au milieu du filon descend une veine oxysulfurée de plus de deux pouces de largeur. Le filon est fortement incliné et plonge à l'ouest; son toit est formé de la même roche quartzeuse qui constitue la montagne, et le mur est du même granite que le fond du bassin d'alluvion ; en outre, le point de contact des deux roches et de l'affleurement du filon étant recouvert par ses alluvions aurifères, la coupe générale du terrain pourrait être représentée de la manière suivante. (*Pl. III*, *fig.* 5.)

Tout ce que je viens de dire sur les oxysulfures doit s'appliquer aux veines de minerais analogues, plus ou moins chargés d'acide carbonique, parce que ces derniers remplacent indifféremment les oxysulfures purs, et ne présentent rien de particulier dans leur gisement ni dans les roches encaissantes (1).

(1) Les veines les plus carbonatées se trouvent près des affleurements, et comme en outre, dans toutes ces mines, on voit l'eau s'infiltrer le long des veines noires oxysulfurées, il ne serait pas impossible que la présence de l'acide

Digitized by Google

Article III. *Minerais sulfochlorurés.*

Parmi les espèces que nous avons décrites à l'article des oxysulfures purs, nous avons déjà vu un oxysulfure qui contenait du chlore. Il n'est pas rare de rencontrer au Chili des minerais qui contiennent quelques cent millièmes de chlore, mais il existe sur les confins du désert d'Atacama, près de Cobija (frontière de la Bolivie), une mine de cuivre qui produit des oxysulfures de cuivre contenant plus de 7 pour cent de chlore.

Cette espèce se trouve en rognons arrondis, au milieu d'une argile grise qui remplit les filons. Il est à noter que ces rognons présentent aussi à leur surface une croûte siliceuse, et dans leur intérieur on voit de l'oxychlorure pur, mélangé de parties métalloïdes, sulfurées, qui se séparent sans beaucoup de difficulté par le triage. Les cristaux d'atacamite ne font que tapisser les fentes et cavités qui se trouvent au milieu des sulfures; et en outre, on voit associés au même minéral, le gypse, la silice opaline, un oxychlorure terreux mélangé d'argiles, et un peu de blende ferrifère, de carbonate et phosphate de chaux.

On a choisi pour l'analyse les parties métalloïdes les plus pures possible, et les plus complétement dégagées des parties vertes et jaunâtres. Le minéral bien porphyrisé a été traité d'abord par le carbonate d'ammoniaque, et on a prolongé l'attaque jusqu'à ce que le carbonate cessât de se colorer. La dissolution ammoniacale sursaturée par l'acide nitrique

---

carbonique dans le minéral dût son origine à l'action prolongée de l'acide carbonique que l'eau apporte à l'état de dissolution.

et puis précipitée par le nitrate d'argent, on a recueilli le chlorure, et on l'a dosé en le fondant dans une capsule de porcelaine tarée. Le carbonate d'ammoniaque ne pouvant pas complétement décomposer l'oxychlorure, on a traité le résidu successivement par l'acide muriatique pur et puis par l'eau régale. Les trois dissolutions qui en résultaient, la première qui contenait l'oxyde de l'oxychlorure, la seconde qui provenait du traitement par l'acide muriatique, et la dernière par l'eau régale, ont été analysées chacune séparément par la méthode que nous avons exposée en parlant des oxysulfures.

Voici la composition de deux variétés de sulfochlorure de Cobija que j'ai analysées.

DÉSIGNATION DES ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS DU MINÉRAL.		COBIJA. (1) (a)	COBIJA. (1) (b)	COBIJA. (2)
Partie soluble dans le carbonate d'ammoniaque : oxychlorure.	Chlore.	0,076	0,066	0,038
	Cuivre.	0,066	0,059	0,034
	Eau.	0,096	0,062	0,049
	Deutoxyde de cuivre.	0,286	0,421	»
Partie soluble dans l'acid. muriat. pur.	Deutoxyde de cuivre.	0,070		0,092
	Peroxyde de fer.	0,118	0,083	0,093
Partie soluble dans l'eau régale ; sulfure.	Soufre.	0,072	0,083	0,114
	Cuivre.	0,182	0,193	0,193
	Fer.	0,003	»	0,009
	Zinc.	0,006	»	»
Gangue ; silice opaline.		0,025	0,033	0,028
		0,994	1,000	1,000

(1) La première de ces deux espèces est en masses sublamellaires, d'un éclat métallique terne, d'un gris d'acier ; elle est tendre et cassante. Des morceaux impurs présentent de pe-

Première variété de sulfochlorure.

tites taches vertes ou d'un bleu verdâtre d'une substance terreuse dont nous donnerons l'analyse plus tard. On voit aussi des parties scoriacées qui contiennent dans leurs cavités tantôt de l'oxychlorure pur, tantôt du gypse ou de la silice opaline. La poussière de la partie métalloïde pure est d'un gris tirant un peu au vert. Au chalumeau, les morceaux de sulfure les plus purs (ne présentant pas même au microscope la moindre trace d'oxychlorure vert) donnent à la flamme une teinte bleue aussi vive que l'atacamite pur; on sent en même temps l'odeur d'acide hydrochlorique, d'acide sulfureux; l'essai se fond, et retiré de la flamme, répand pendant longtemps des vapeurs blanches piquantes, etc.

Composition de la partie terreuse verte.

Essai de la partie verte du minéral. On a examiné à part la substance terreuse verdâtre qui remplit les petites cavités existant dans le minerai et paraît s'interposer dans les lamelles du sulfure. La poussière de cette substance est blanche, un peu verdâtre; sa composition est la suivante (1):

Chlore.	0,080
Cuivre.	0,072
Deutoxyde de cuivre.	0,393
Peroxyde de fer. . . .	0,170
Gangue.	0,060
Perte (eau).	0,225
	1,000

On voit par conséquent que le chlore se trouve presque également réparti dans le minerai, et on en trouve à peu près la même proportion dans le sulfure entièrement dégagé des parties oxychlo-

(1) On a pris cette substance d'un échantillon de la seconde variété de l'espèce n° 1.

Digitized by Google

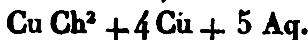
turées vertes, que dans celles-ci séparées du sulfure.

Composition de l'oxychlorure contenu dans la partie sulfurée du minéral.

Lorsqu'on fait digérer la partie métalloïde pure dans du carbonate d'ammoniaque, la liqueur se colore immédiatement, l'oxychlorure se dissout, et laisse un résidu qui se compose de deux parties : une plus pesante, noire, se dépose au fond, et l'autre plus légère, brunâtre, recouvre la première. Celle-ci se dissout entièrement dans l'acide muriatique pur et ne laisse que la partie noire qui est le sulfure pur. En faisant maintenant abstraction de ce dernier et de la partie dissoute dans l'acide muriatique, on voit que la partie soluble dans le carbonate d'ammoniaque étant composée de :

		rap.	atom.	
Deutochlorure de cuivre.	0,266	(31)	(1)	
Deutoxyde de cuivre. . .	0,548	(111)	(4)	
Eau.	0,186	(166)	(5)	(Analyse n° 1 (*a*))
	1,000			

cette espèce ne diffère de l'atacamite pur et cristallisé que par la proportion de l'eau et se rapproche de la formule



$$Cu\,Ch^2 + 4\,\dot{Cu} + 5\,Aq.$$

Composition du sulfure.

Quant au sulfure, nous y retrouvons encore l'espèce qui est commune aux oxysulfures et qui se rapproche du sulfure $Cu^4\,S^3$.

Le zinc provient probablement d'une petite proportion de blende contenue dans le minerai.

L'eau a été dosée par différence. La perte 0,006 de l'analyse n° 1 (*a*) porte sur le résidu de l'attaque par le carbonate d'ammoniaque; il est possible qu'elle provienne d'une petite quantité d'eau appartenant à l'hydrate de fer ou bien de l'oxydation du sulfure sur le filtre.

Digitized by Google

Essais par la voie sèche.

Trois essais comparatifs faits avec le minéral pur appartenant à la première variété n° 1 (*a*) ont donné les résultats suivants :

1° 10 grammes de sulfochlorure fondus à la température des essais de cuivre dans un creuset nu.

Culot bien fondu, composé d'un bouton de cuivre rouge, recouvert par une scorie qui contenait :

Soufre.	0,202
Soufre volatilisé. . . .	5,2 p. 0/0=plus des 2/3.

2° 10 grammes calcinés dans un creuset de platine taré, bien fermé, au rouge clair.

Culot aggloméré.—Il contenait :

Soufre.	0,316

Donc, à la chaleur rouge clair,

Soufre volatilisé. . . .	4 p. 0/0=environ 1/2.

3° 10 grammes fondus à la température des essais de cuivre dans un creuset brasqué.

Culot demi-fondu, composé de mattes contenant du cuivre filamentaire et qui retenaient :

Soufre.	0,650
Soufre volatilisé. . . .	0,7 p. 0/0=à peine 1/10.

Il résulte de là :

Que le chlore se dégage à l'état d'acide chlorhydrique par la décomposition de l'eau, et ne contribue presque pas à volatiliser le soufre;

Qu'au rouge clair, l'oxysulfure ne se décompose pas complétement, et ne fait que se transformer en un autre qui retient encore une certaine proportion d'oxyde en présence du sulfure;

Qu'enfin, le charbon réduit l'oxyde avant que celui-ci réagisse sur le sulfure.

En calcinant ce minerai, mélangé de charbon, dans une cornue de verre, et poussant la température jusqu'au ramollissement du verre, on a re-

Digitized by Google

marqué que la partie supérieure de la panse de la cornue (celle qui n'est pas en contact avec le minerai) et une partie du col prennent une belle couleur rouge sans que le verre perde sa transparence ; tandis que la partie d'en bas, qui touche au minerai, reste incolore. Ce phénomène, qui du reste pourrait donner un moyen commode pour colorer le verre, fait voir que dans la calcination de ce minéral avec le charbon, il se volatilise une quantité notable de protochlorure de cuivre. Aussi les essayeurs qui ont l'habitude de commencer leurs essais par griller leur minerai avec du charbon, à une haute température, avaient remarqué que le minéral de Cobija diminuait sensiblement de teneur dans le grillage.

(2) La seconde variété de sulfochlorure diffère de la précédente en ce qu'elle a une structure plus compacte ; le minéral est homogène, d'un gris métallique foncé, et présente un réseau brunâtre au lieu des parties vertes et scoriacées de l'espèce n° 1. Du reste, la variété (2) ressemble aux oxysulfures d'Andacollo, en ce qu'elle forme des espèces de veines de 1 à 2 pouces de largeur au milieu de gangues siliceuses vertes.

Ce minéral, fondu sans addition dans un creuset nu et à la température des essais de cuivre, ne perd que 0,045 de son soufre, et en retient 0,069.

Art. IV.

A la suite des espèces minérales que je viens de décrire, je me propose de parler de quelques minéraux silicatés et oxychlorurés, qui présentent de l'analogie avec les précédents, par la

manière dont ils se trouvent dans la nature, formant des veines au milieu de gangues siliceuses.

Une des choses qui frappent le naturaliste dans l'examen des productions minérales de ce pays, c'est la rareté, sinon l'absence presque complète, des minéraux métallifères cristallisés. A l'exception de la pyrite de fer et de quelques échantillons de cuivre pyriteux, toutes les autres espèces minéralogiques ne se trouvent qu'en masses amorphes, compactes, rarement cristallines. Mais il est très-commun de voir surtout les minéraux de cuivre, disposés en veines minces plus ou moins régulières au milieu de gangues hydrosilicatées, dans lesquelles le deutoxyde de cuivre se trouve très-irrégulièrement réparti, ou dissous en toute proportion.

Aussi il arrive très-fréquemment que l'on voit le protoxyde de cuivre contenant de la silice et quelques millièmes de chlore, formant des veines au milieu d'un silicate noir, vitreux, qui, à son tour, se trouve toujours encaissé dans des silicates bleus et verts. De là résulte un minéral particulier, rubané, tricolore, composé de veines rouges, noires et vertes, et dans lequel le silicate noir s'interpose entre l'oxydule et les silicates verts.

Cette association constante de trois minéraux m'a fait examiner séparément :

A. Les veines rouges d'oxydule ;

B. L'hydrosilicate noir ;

C. Les gangues vertes et bleuâtres qui encaissent les deux premiers minéraux.

A. *Veines rouges.*

Ces veines consistent en oxydule quelquefois

Digitized by Google

por, ne contenant que quelques traces de silice et de fer; mais souvent on y trouve une proportion notable de silice, et en outre de l'eau et du chlore. L'analogie qui existe entre ces veines et celles d'oxysulfure est d'autant plus frappante, que lorsque dans une mine on trouve des veines d'oxydule contenant du chlore, les veines d'oxysulfure qui sortent de la même mine en contiennent aussi. Ainsi, les veines rouges du minéral de Villador contenant 0,002 de chlore, les veines d'oxysulfure qui sortent de la même mine en contiennent la même proportion (Voir p. analyse) (1); tandis que les veines de protoxyde d'Andacollo étant tout à fait dépourvues de chlore, celles d'oxysulfure de la même mine n'en contiennent pas de traces. Du reste, les veines oxydulées et oxysulfurées se ressemblent jusqu'à la forme qu'elles prennent dans différentes mines : celles d'oxysulfure d'Andacollo étant régulières, les veines d'oxydule sont aussi régulières; tandis que les veines de protoxyde de Villador, de la Cimarona, etc., étant irrégulières, étroites, marbrées, celles d'oxysulfure, qu'on rencontre dans les mêmes mines, présentent aussi beaucoup d'irrégularités.

Le protoxyde qui constitue les veines rouges du minéral rubané tricolore, a presque toujours une structure sublamellaire ou grenue, et contient du chlore. Il colore la flamme de chalumeau et se dissout entièrement dans le carbonate d'ammoniaque, laissant un résidu siliceux.

Deux échantillons pris de deux mines, distantes de 10 lieues l'une de l'autre, m'ont donné:

Digitized by Google

	Villador.	Cortadera.
Chlore	0,0022	0,0020
Protoxyde de cuivre	0,9530	0,9876
Silice	0,0284	0,0104
Peroxyde de fer et alumine	0,0164	
	1,0000	1,0000

Un autre échantillon, provenant de la mine de la Cimarona (à 15 lieues au nord de Coquimbo), ayant le même aspect, mais seulement les veines rouges plus étroites, plus irrégulières, a donné pour sa composition :

	Cimarona.	
Chlore	0,002	
Protoxyde de cuivre	0,752	(2)
Silice	0,185	(2)
Eau	0,058	(1)
Peroxyde de fer, alumine	0,003	
	1,000	

Il n'est pas facile de décider dans quel état la silice se trouve dans ce minéral : si elle est combinée avec le protoxyde, ou tout simplement mélangée. Il est vrai qu'elle s'en sépare avec la plus grande facilité, même à froid, par l'ammoniaque ou le carbonate d'ammoniaque, donnant un résidu blanc qui n'est pas gélatineux et qui ne se dissout pas complétement dans la potasse, mais les mêmes réactifs décomposent (quoique partiellement) des silicates noirs, verts et bleuâtres, qui encaissent l'oxydule. En outre, la proportion de silice dans ce minéral rouge est très-variable, et ne se trouve pas en rapports atomiques simples avec le protoxyde; mais on remarque la même chose dans la composition des silicates de deutoxyde les plus répandus dans les mines de ce pays. Reste à remarquer que lorsqu'on écrase la poussière du minéral rouge de la Cimarona dans un mortier d'agate, la poudre, qui d'abord est d'un rouge de cochenille, devient

Digitized by Google

de plus en plus claire et prend une teinte jaunâtre, comme si les grains du minéral se composaient de noyaux de silice enveloppés de protoxyde; mais aussi un phénomène analogue se voit en écrasant un silicate bleu, dont la poussière devient beaucoup plus blanche que le silicate même.

B. *Hydrosilicate noir.*

C'est ce silicate qui toujours se trouve interposé entre les silicates verts ou bleuâtres et les veines rouges. Il ressemble à de l'obsidienne; il est vitreux, homogène, à cassure conchoïde, opaque, et lorsqu'il est pur il a beaucoup d'éclat. Il est friable, et sa poussière est noire. Au chalumeau il ne change pas de couleur et ne fond que difficilement, et seulement sur les bords. Comme il ne forme que des veines très-étroites entre les parties vertes et rouges du minéral, il n'est pas facile de se procurer assez de ce silicate pur, pour en faire l'analyse. Ce silicate passe à une autre variété de silicate noir qui n'a ni le même éclat, ni la même homogénéité que le précédent.

De deux échantillons que j'ai analysés, le dernier m'a paru être plus pur, et j'ai obtenu pour leur composition :

	Cimarona.	Cortadera.			
Deutoxyde de cuivre. . .	0,501	0,612	(0,123)	4	$Cu^4S^3 + 5Aq.$
Silice.	0,282	0,183	(0,095)	3	
Eau.	0,191	0,171	(0,151)	5	
Alumine. . .	0,037	0,005			
Peroxyde de fer.	»	0,029			
	1,010 (1)	1,000			

(1) Le silicate contient quelques traces d'acide carbonique; l'analyse demanderait à être répétée.

Digitized by Google

On voit par conséquent que ces silicates noirs sont des silicates basiques, contenant un peu moins d'eau que le kieselmalachite : ils sont facilement attaquables par les acides forts, et en partie décomposables par le carbonate d'ammoniaque.

C. *Silicates verts et bleuâtres.*

La gangue siliceuse qui empâte les deux espèces minérales précédentes, c'est-à-dire les veines rouges et les silicates noirs, est toujours peu homogène. En général elle se compose de parties vertes, de parties bleues ou bleuâtres, et de parties pâles à peine colorées par le deutoxyde; voici la différence que j'ai trouvée entre les parties bleues, que j'ai séparées par un triage le plus soigné possible, et la gangue verdâtre peu homogène du minéral de la Cimarona.

	Silicate vert bleuâtre (1)	Gangue verte de la Cimarona. (2)
Deutoxyde de cuivre.	0,295	0,120
Silice.	0,522	0,759
Eau.	0,167	0,101
Alumine.	0,012	0,020
	0,996	1,000

Récapitulation. On voit par conséquent 1° que le chlore qui se trouve dans les minéraux silicatés tricolores du Chili, ne se trouve que dans les veines rouges du milieu, et qu'on ne le rencontre ni dans la partie noire, ni dans les gangues vertes; 2° que la même proportion de chlore 0,002 paraît être commune aux minéraux de cette espèce; 3° que dans l'association de ces trois minéraux, l'oxydule et le chlore se concentrent dans la partie centrale, le deutoxyde et l'eau dans les parties intermédiaires, et la silice dans les gangues. Ainsi, prenant pour

Digitized by Google

exemple le minéral de la Cimarona, il ne sera pas sans intérêt de voir dans un tableau la manière dont ces éléments se trouvent groupés dans la nature.

MINÉRAL DE LA CIMARONA.

	Veine rouge (centrale).	veine noire (intermédiaire).	veine verte (encaissante).
Protoxyde de cuivre.	0,752	»	»
Deutoxyde de cuivre.	»	0,501	0,120
Silice.	0,185	0,282	0,759
Eau.	0,058	0,191	0,101
Alumine, fer. . .	0,003	0,037	0,020
Chlore.	0,002	»	»
Acide carbonique.	»	traces	»

Liste des minéraux envoyés pour l'École des Mines, et qui se rapportent au mémoire SUR LES MINERAIS OXYSULFURÉS DE CUIVRE DU CHILI, etc.

Numéros d'échantillons.

1, 2, 3, 4, 5, 6, Minerais de la première classe (metales de color).—Des différentes mines des environs de Coquimbo.

7, 8, 9, 10, 11, 12. Minerais de la 2e classe (metales de bronce).—7. cuivre pyriteux de Villador.—8. *id.* de la Iguera.—9. du Huasco.—10. cuivre panaché de los Sapos.—11. *id.* de Tamayá.—12. Del Valle.

13. Échantillon de la mine de Villador.—Mine noire provenant de la décomposition de cuivres pyriteux.

14, 15, 16, 17. Oxysulfures qui ont été analysés.—14. Anal. (1) Villador.—15. Anal. (2) Andacollo.—16. Anal. (4) El Tambo.—17. Anal. (5) Andacollo.

18, 19, 20. Oxysulfures contenant de l'acide carbonique.—18. Anal. (6) Andacollo.—19. Anal. (7) Andacollo.

21, 22, 23. Sulfochlorures de Cobija qui ont été analysés.—21. Anal. (1) (a).—22. Anal. (1) (b).—23. Anal. (2).

Digitized by Google

Échantillons qui se rapportent au gisement des oxysulfures d'Andacollo.

24, 25. Porphyres sur le chemin d'Andacollo.

26, 27, 28. Les granites qui forment le fond du bassin d'alluvions aurifères (qu'on nomme *Circa*).

29. Une des rochesqui formentle parapet du plateau.

30, 31, 32, 33. Différents filons qui avaient été exploités pour or.

34. Sable aurifère, partie lavée (le dernier résidu de lavage).

35. Cailloux qui accompagnent la couche de sable aurifère.

37, 38. Roche quartzeuse, au contact de laquelle avec le granite se trouvent les veines oxysulfurées de cuivre.

39. Roche compacte formant la salbande de plusieures veines.

40. Silicate de la partie supérieure des filons.

41, 42, 43, 44, 45. Différentes espèces des veines qui accompagnent les oxysulfures d'Andacollo.

46. Cuivre natif de la partie inférieure des mines d'Andacollo. — (Cristaux cubiques d'oxydule).

47. Cuivre disséminé dans l'argile.

48, 49, 50. Minéraux composés des veines rouges, noires et vertes relatives à l'article IV du mémoire.—48. M. de Villador. —49. M. de la Cortadera.—50. Trois échantillons de la Cimarona.

51. Quatre échantillons d'oxysulfures d'Andacollo.

52. Quatre échantillons de minerai sulfochloruré de Cobija.

53. Deux échantillons de minerais oxysulfurés de la Cimarona.

Digitized by Google

OBSERVATIONS

Sur le groupe montagneux de la Rocca-monfina.

Par M. Léopold PILLA.

(Extrait d'une lettre adressée à M. Élie de Beaumont.)

Permettez-moi de vous communiquer aujourd'hui quelques détails sur une question volcanique, qui, jusqu'ici, a été à peu près étrangère à notre correspondance. Je veux parler de la question des *cratères de soulèvement*. Mon silence sur ce point n'a pas été sans motifs : je m'occupais à recueillir des faits qui pussent me conduire à un résultat quelconque sans forcer mes idées. Je dois aussi commencer par vous avouer que dans les premiers moments où j'eus connaissance de cette théorie du célèbre géologue prussien, je ne la trouvais pas soutenable lorsque j'en faisais l'application aux environs de Naples. J'ai demeuré longtemps dans cette opinion ; et j'ai fait plus, je me suis prononcé contre cette théorie dans un mémoire que je lus, il y a cinq ans, à l'Académie gioenienne de Catane (*Paralello tra i tre Vulcani ardenti dell' Italia*, publié dans le vol. XII des Actes de cette Académie). Les arguments sur lesquels je m'appuyais alors pour l'attaquer sont bien faibles, et à présent je m'en déclare mal satisfait : pour cette raison, je me suis abstenu de vous envoyer un exemplaire de ce mémoire. Depuis ce temps-là, ayant eu occasion d'observer d'autres régions volcaniques de notre pays, et surtout de mûrir mes idées, mon esprit a vacillé

pendant quelque temps, dans l'incertitude, devant les faits contraires. A la fin, je peux vous assurer que maintenant je suis tout à fait disposé à admettre les principes de cette théorie, en les envisageant dans leurs limites convenables.

Et pour vous faire connaître la manière dont je suis parvenu à modifier mes idées sur cette intéressante question, je vais vous donner une courte relation de ce que j'ai observé dans un volcan de notre pays, où l'examen impartial des faits m'a obligé de rétracter mes principes.

J'ai besoin, monsieur, de réclamer toute votre indulgence, si l'intérêt de la question me fait dépasser les bornes d'une lettre.

A l'extrémité nord-ouest de la Campanie, et au milieu d'un chaînon des Apennins jurassiques, il y a un grand volcan éteint presque inconnu, et pourtant digne de toute l'attention du géologue. On l'appelle *Vulcano di Roccamonfina*, du nom du village qui est placé dans son ombilic. C'est un volcan central de forme conique très-surbaissée, environné de cônes parasites. Je l'appelle *volcan* pour me faciliter sa dénomination, et aussi parce qu'on y trouve des cônes éruptifs comme dans les volcans modernes. Du reste, il a la plus grande ressemblance avec votre Cantal, de sorte que pour avoir une idée de ce que je vais vous dire sur sa configuration et sur les relations de ses diverses parties, vous n'avez qu'à jeter les yeux sur la carte que vous avez publiée du Cantal. Le cône a son sommet profondément tronqué, et il se termine par une crête semi-circulaire qui renferme une grande plaine, au milieu de laquelle s'élève une montagne conique en forme de dôme. La carte que je joins à cette lettre pourra aussi vous

Digitized by Google

aider à comprendre la description des endroits dont je vous parle ; mais, comme vous voyez, elle est incomplète ; c'est-à-dire qu'elle ne vous donne pas le relief de tout le volcan : en revanche, elle est très-exacte pour ce qui regarde la position et les relations de ses principales parties, parce qu'elle est le résultat des opérations géodésiques exécutées dernièrement dans cette partie de notre royaume avec la plus grande exactitude, opérations qui ne sont achevées que pour les parties marquées dans la carte. Mais cela me suffit pour l'objet principal dont je me propose de vous entretenir.

Il y a donc trois parties à distinguer dans ce volcan : 1° le grand cône surbaissé ; 2° le cratère ; 3° le dôme au milieu de ce cratère. A ces parties, on doit ajouter les cônes parasites qui s'élèvent dans le pourtour du grand cône. Je vous décrirai d'abord la structure géologique et minéralogique de ces parties, et puis je descendrai aux réflexions qu'elles font naître dans l'esprit.

Le cône principal s'abaisse à l'extérieur avec une pente assez douce, qui, vers le sommet, ne va pas au delà de 18°, et à la base, s'éteint doucement dans les plaines environnantes. On peut évaluer son inclinaison moyenne à 15°. Ses flancs sont découpés par des ravins peu profonds, et ce peu de profondeur dérive de la douceur des pentes aussi bien que de sa constitution géologique, comme je vous le dirai tout à l'heure.

Dans toute cette partie, le cône est recouvert jusqu'à son sommet de châtaigniers et de chênes ; mais on peut voir sa structure dans l'intérieur des

Digitized by Google

ravins et dans ses parties découvertes. On voit ainsi que toute la montagne est composée de roches lithoïdes et de conglomérats grossiers entremêlés sans aucun ordre appréciable.

Les premières méritent de fixer l'attention du géologue tant par leur nature que par leur forme. Elles sont en plus grande partie, ou presque toutes leucitiques (*leucilites*), avec quelques basaltes, qui sont eux-mêmes leucitiques ; et ce qui mérite d'être remarqué, les trachytes y manquent entièrement. Les leucilites sont quelquefois granitoïdes, mais le plus souvent porphyriques (*leucitophyres*), et alors elles sont plus ou moins semblables aux leucitophyres de la Somma. Tantôt elles sont compactes ou avec peu de cellules, tantôt décomposées à tel degré, qu'elles ressemblent à des tufs terreux amphigéniques. Les leucites renfermées dans ces roches sont en grand nombre et bien caractérisées : leur grandeur ordinaire surpasse celle des leucites de la Somma. Mais il y a des leucitophyres qui sont très-remarquables par la grandeur de leurs amphigènes : ces cristaux, parfaitement terminés en trapézoèdres, ont jusqu'à un pouce et demi de diamètre, et la roche en est comme pétrie.

Vous vous rappellerez, Monsieur, d'avoir vu avec M. de Buch, de ces leucitophyres dans ma collection, et qu'ils excitèrent votre admiration. La forme de toutes ces roches mérite d'être soigneusement considérée. Elles forment de grands amas ou bancs irréguliers saillants à la surface du sol, ou dans le fond des ravins : quelquefois, surtout dans les parties supérieures, ces bancs sont très-étendus. En général, leur forme s'éloigne de tout

ce qui pourrait donner l'idée de courants. On ne les voit jamais, ou presque jamais, prendre la figure de ces nappes ou assises répétées qu'on observe dans les ravins de la Somma. C'est cette charpente intérieure solide, et je dirais presque continue, du grand cône, qui a principalement empêché les ravins d'en creuser profondément les flancs.

Ces roches manquent presque partout de parties scoriacées; elles ont en général une texture cristalline, et leur pâte se présente ou lithoïde et compacte, ou criblée seulement d'un petit nombre de cellules, même dans les parties supérieures où l'inclinaison du sol est de 12 à 15°. Les leucitophyres à cristaux gigantesques se trouvent sur les pentes moyennes du cône, qui ont une inclinaison de 6 à 10°. La composition minéralogique, et surtout le gisement des roches lithoïdes dans le grand cône de Roccamonfina, sont les premiers faits qui frappent les yeux du géologue habitué à observer les régions volcaniques.

Je ne parle pas des conglomérats grossiers, parce qu'ils n'ont pas d'intérêt pour mon objet. La partie supérieure du cône se termine par une crête semi-circulaire un peu dentelée, qui s'abaisse d'un côté et de l'autre à partir d'un sommet culminant qui porte le nom de *monte Cortinella* : j'appliquerai ce nom à toute l'enceinte semi-circulaire pour avoir plus de facilité à la désigner.

La pente intérieure du grand cône forme un escarpement aussi semi-circulaire, qui renferme une grande plaine ou le cratère du volcan : par ce que je viens de dire, on comprend que la moi-

Digitized by Google

tié seulement du cratère (celle tournée à l'ouest) est conservée, l'autre moitié opposée a été abattue de la même manière que dans la Somma. Les travaux géodésiques exécutés par nos officiers topographes dans cette région font voir que l'arête *della Cortinella* forme un demi-cercle parfait, dont le rayon a la longueur d'un mille et un quart (mesure napolitaine[1]), c'est-à-dire que le cratère formait primitivement un cirque parfait, dont le diamètre avait deux milles et demi, et la circonférence sept milles et demi à peu près. C'était donc un des cratères les plus vastes de notre pays et peut-être de toute l'Italie.

L'escarpement que présente l'arète demi-circulaire s'abaisse avec beaucoup de rapidité, mais il n'arrive pas à la verticalité des parois intérieures de la Somma. Partout il est encombré de végétation et de bois, qui empêchent de voir la manière dont s'y dessinent les roches leucitiques de la pente extérieure du grand cône.

Mais là où ces roches affleurent, elles se présentent sous la forme d'amas ou de bancs comme dans les pentes extérieures. Il est inutile de dire qu'elles sont toutes leucitiques.

Le cône intérieur, cette montagne qui, en forme de dôme, s'élève au milieu du cratère, est la partie du volcan qui mérite le plus d'attention de la part du géologue, et je puis dire que c'est lui qui, dans la question des cratères de soulèvement, m'a obligé de retourner sur mes pas et de modifier mes idées. Pour cela je vous demande la per-

(1) Le mille napolitain est 1/60 de degré.

Digitized by Google

mission de vous en parler un peu en détail.

Ce cône, appelé *monte de Santa-Croce*, mérite d'être considéré sous les trois rapports : 1° de sa composition, 2° de sa forme, 3° de sa position.

1° Pour ce qui regarde sa composition, on peut l'exprimer en peu de mots, en disant que toute la montagne est faite d'un *massif de trachyte micacé*; mais cette énonciation générale mérite d'être développée. D'abord le trachyte se présente avec des caractères particuliers : il est un peu terreux, mais solide et d'une couleur grisâtre et rougeâtre; il est parsemé de petites lames d'albite tout à fait décomposée, laquelle y forme comme de petites taches blanches; et on y trouve un très-grand nombre de paillettes de mica de couleur bronzée. Ces caractères rappellent tout à fait les trachytes les plus anciens, ceux qui se lient aux terrains porphyriques, de même qu'ils s'éloignent des caractères des trachytes laviques. J'insiste sur cette différence, parce que j'ai observé, au moins en Italie, que les trachytes plutoniques diffèrent beaucoup dans leurs caractères physiques et dans leur *facies* des trachytes volcaniques, et je voudrais qu'on désignât ces deux roches avec des noms différents, pour la même raison qu'on distingue les trachytes des porphyres argileux, avec lesquels ils ont souvent la plus grande analogie. Le mica, que cette roche renferme en grande abondance, est aussi une circonstance digne d'être considérée. Cette substance ne se trouve dans les laves de nos volcans qu'accidentellement, et jamais elle n'y forme une partie essentielle comme dans le trachyte dont je viens de vous parler. Par tout ce qui précède, on voit facilement que la

Digitized by Google

roche du mont *Santa-Croce* diffère tout à fait des roches leucitiques du grand cône. Il y a, je dirai même, entre ces produits des contrastes de caractères très-frappants, et nulle part dans les autres volcans de notre pays on ne voit ce contraste si bien marqué.

2°. Le massif de trachyte de *Santa-Croce* a la forme d'un cône parfait; seulement il s'en éloigne un peu dans le sommet, où il se termine par une crête découpée, au-dessous de laquelle il y a un petit plateau irrégulier qui se prolonge vers le sud-ouest. Ce dôme s'élève très-majestueux au milieu du cratère : le pourtour de sa base est à peu près de trois quarts de lieue; son élévation au-dessus de la plaine est de 330 mètres? Son sommet est le point le plus élevé de tout le volcan : il se trouve à la hauteur de 1,000 mètres (mesure trigonométrique) au-desus de la mer.

Le géologue le plus exercé à la vue des volcans ne saurait trouver une trace de cratère sur la sommité de ce cône; et je dois avouer que, lorsque je le visitai la première fois, j'aurais voulu dans tous les cas y voir cette forme, mais cela ne me fut pas possible sans me mettre en opposition directe avec la vérité. Je fus obligé de le considérer comme un cône de soulèvement.

3° Mais ce qui a le plus frappé mon esprit dans le volcan de Roccamonfina, c'est la position du cône dont je vous parle. Dès ma première visite j'avais remarqué qu'il occupait le centre d'un grand cirque, ou du cratère primitif; mais je m'en étais tenu là sans faire aucun cas de cette circonstance. Postérieurement ayant examiné le relief de cette région exécuté par nos ingénieurs topographes,

Digitized by Google

j'eus occasion de faire avec eux la curieuse remarque que l'arête conservée du grand cratère (monte *Cortinella*) formait, comme j'ai déjà dit, un demi-cercle parfait, dont le centre venait tomber justement sur le sommet du cône de Santa-Croce. Cette remarque, à mon avis, est du plus haut intérêt, et elle peut nous donner la clef de l'origine de ce système montueux. Je dois aussi vous faire observer que cette circonstance est d'autant plus digne de considération, qu'elle a été le résultat imprévu des opérations de nos ingénieurs, résultat auquel ils ne songeaient pas, et qu'ils n'auraient pas même aperçu si je n'y avais pas appelé leur attention. En conclusion, on peut considérer le cratère de Roccamonfina comme un cercle parfait, dont le centre se trouve sur le sommet de Santa-Croce, et dont le rayon, comme je l'ai dit plus haut, a la longueur d'un mille et un quart.

La carte que je vous envoie a pour objet principal de vous faire connaître cette conclusion. Elle est la copie sur une plus grande échelle, à l'échelle du 40,000^e, de la carte dressée dernièrement par notre bureau topographique.

Avant de passer aux considérations théoriques sur tout ce que je viens de vous exposer, je dois vous dire quelque chose sur les cônes parasites qui tiennent au grand cratère. Ces cônes sont placés en grande partie sur les flancs de celui-ci et sur la portion de son arête qui a été abattue. Quelques-uns n'ont pas de traces de cratères dans leur sommet; il y en a qui sont composés d'un culot trachytique central (monte *Feglio*, monte *di Casa*) enveloppé d'un manteau de tufs et de conglomérats grossiers; le trachyte de ces cônes diffère beaucoup du trachyte

Digitized by Google

de la montagne *Santa-Croce*, et il se rapproche beaucoup des trachytes laviques. D'autres présentent des lambeaux basaltiques (monte *di Lucro*). Ces cônes doivent très-vraisemblablement leur origine à un soulèvement. Enfin il y en a qui portent dans leur sommet des traces évidentes de cratères; en conséquence on peut juger leur relief comme le produit des phénomènes éruptifs (monte *Cunnito*, monte *Atano*, monte *Frielli*). Il est très-remarquable que les roches lithoïdes de ces cônes sont généralement trachytiques, et qu'il y a absence complète de roches leucitiques.

Voilà, Monsieur, en abrégé, les faits qu'on a occasion d'observer dans le volcan de Roccamonfina; volcan que, dans ces derniers temps, j'ai fait ressortir de son obscurité, et dont je n'ai pu encore donner une description complète pour des causes indépendantes de ma volonté. Maintenant je voudrais descendre à quelques considérations sur les rapports qui lient tous ces faits entre eux.

D'abord on doit remarquer que la forme sous laquelle se présentent les roches leucitiques sur la pente extérieure du grand cône de Roccamonfina, n'est pas celle que prennent habituellement les laves coulées de la bouche d'un volcan; on n'y voit ni ces bandes longues et étroites qu'affectent les courants, ni ces assises superposées les unes aux autres qu'on observe à la Somma et ailleurs. Il semble déjà, d'après cela seul, que ces roches n'ont pas été vomies en forme de courants du grand cratère actuel, et que leur origine doit remonter à des phénomènes antérieurs à la naissance de celui-ci. On arrive à la même conclusion lorsqu'on

Digitized by Google

porte ses regards sur la composition minéralogique de ces roches. Je ne veux pas vous parler de la texture compacte que présentent les leucilites et les leucitophyres sur une pente très-inclinée, ni de l'état cristallin de leur pâte : je veux m'arrêter un peu sur ces cristaux gigantesques d'amphigène, dont ces roches sont pétries dans quelques endroits où elles reposent sur un sol incliné de 6 à 10°. Comment peut-on concevoir la formation de ces cristaux dans une lave qui aurait dû descendre avec une certaine vitesse, dans une lave qui se trouve tout près du bord du grand cratère? Cela est contraire à tout ce que nous observons dans nos volcans modernes. Les laves du Vésuve ne sont riches en cristaux que dans la partie qui a coulé sur un sol horizontal. Parmi les nombreux exemples que je pourrais en citer, je choisis celui de la lave du Vésuve qui coula en 1794 : cette lave qui, dans sa partie supérieure, ne contient que très-peu de pyroxènes, en est au contraire pétrie dans son extrémité inférieure, à Torre del Greco. Cette observation reçoit beaucoup plus de poids lorsqu'on a à expliquer l'origine d'une roche singulière, qui renferme une immensité de leucites de la grandeur d'une noisette, d'une noix, et jusque d'une pomme. Je le répète donc, tout nous porte à croire que les roches leucitiques du grand cône de Roccamonfina n'ont pas été vomies en forme de courants du grand cratère supérieur actuel, et qu'elles doivent leur existence à un ordre de choses qui a précédé l'ouverture de ce cratère.

Maintenant si nous passons à considérer le cône central de *Santa-Croce*, si nous arrêtons nos regards sur sa composition, sur sa forme, et surtout sur sa

Digitized by Google

situation, quelles idées ne nous fera-t-il pas naître dans l'esprit? Nous avons d'abord à trouver la cause de cette grande différence entre le trachyte dont cette montagne est composée, et les roches leucitiques qui forment la charpente du grand cône. Cette différence est trop grande et trop sensible pour n'en pas apprécier la valeur; et je le répète encore une fois, je n'ai vu nulle part dans nos volcans un contraste aussi frappant entre leurs produits. En outre, nous avons à observer que les autres cônes parasites de Roccamonfina ne sont composés que de matières trachytiques, et qu'il y a absence totale de roches leucitiques, ce qui donne beaucoup plus de poids au contraste. De cette première considération découle une conséquence toute naturelle, c'est que, dans la région dont je vous parle, le grand cône della *Cortinella*, et le cône central de *Santa-Croce*, tiennent à deux systèmes différents de formation, et que leur origine n'appartient pas à un même ordre de phénomènes géologiques.

La forme massive et conique qu'affecte le trachyte de Santa-Croce ne peut jamais nous faire penser que cette roche doive son existence à un cône cratériforme : elle ressemble trop visiblement à la forme des trachytes anciens pour ne pas la rapporter au même ordre de formation. On doit donc nécessairement considérer ce cône comme un cône de soulèvement.

Enfin je passe à l'examen de la position de cette montagne. Nous avons vu que son sommet forme le centre parfait d'une enceinte demi-circulaire de montagnes. Or, après tout ce que je viens de dire, peut-on supposer jamais que cette

Digitized by Google

circonstance soit purement l'effet du hasard? Ne doit-on pas plutôt croire qu'il y a un rapport intime entre cette circonstance et la différence minéralogique et géologique du cône de *Santa - Croce* et de la ceinture de montagnes de la *Cortinella*? Pour en mieux faire saisir l'esprit, oublions un instant cette différence de relation entre les deux montagnes; supposons, de prime abord, que la montagne *Cortinella* ait formé primitivement un plan horizontal; concevons qu'une masse souterraine se soit soulevée au-dessous de ce plancher, en le faisant céder et en le relevant circulairement autour du centre de rupture, il est bien naturel de penser que le sommet de la masse soulevante correspondra verticalement à ce même centre de rupture, et que le terrain soulevé formera une pyramide tronquée, dont l'arête sera équidistante de ce sommet. C'est justement ce qu'on observe à Roccamonfina. Au contraire, si nous supposons que l'origine du cône de *Santa-Croce* soit postérieure au relief de l'enceinte de la *Cortinella*, quel hasard ne faut-il pas supposer pour concevoir l'élévation de ce cône dans un emplacement tel que son sommet formât le centre de l'arête environnante? Voilà donc, si je ne me trompe, une circonstance d'un très-grand poids dans la question des cratères de soulèvement; et je vous prie, Monsieur, de porter votre attention sur les dimensions du cratère de Roccamonfina, parce que nous avons là un cercle dont le rayon est bien considérable, et, pour cette raison, il est d'autant plus digne de frapper l'esprit. A présent, si on met en liaison ce fait avec tout ce que je vous ai exposé sur la structure géologique

Digitized by Google

du volcan de Roccamonfina, quel admirable accord ne voyons-nous pas s'établir entre toutes les circonstances qui se rapportent à l'histoire physique de cette importante région?...

En confirmation de tout ce que je viens de vous esquisser, on peut produire les autres faits suivants. Dans la croupe occidentale du grand cône, on voit une grande masse de conglomérat composé de cailloux, de wake et de leucilites altérées: les fragments, de forme bien arrondie, sont liés avec une certaine solidité par un ciment de matières volcaniques. Ce conglomérat, qui a beaucoup de ressemblance avec certains conglomérats secondaires, est un témoin évident des bouleversements que la région a éprouvés dans la période antérieure à la période actuelle, et tout annonce qu'il a dû être l'effet de masses d'eau violemment déplacées. On arrive à la même conséquence lorsqu'on examine le gisement des tufs dans cette région. J'ai démontré jusqu'à l'évidence (1) que les tufs qui recouvrent tout le sol de la Campanie et qui pénètrent dans les vallées voisines de l'Apennin jusqu'à une grande distance, ne sont que les produits des épanchements ignés du volcan de Roccamonfina, et qu'ils forment un système tout à fait différent du système des tufs des champs Phlégréens. Je suis encore intimement convaincu (et c'est la première fois qu'on énonce cette opinion) que le gisement si mystérieux des tufs de Sorrento fait partie du système de Roccamonfina, et, AU BESOIN,

(1) Dans mon mémoire : *Osservazioni geognostiche su la parte settentrionale ed orientale della Campania* (Annali civili del regno delle Due-Sicilie, Fasc. VI).

Digitized by Google

JE POURRAIS EN PRODUIRE UN GRAND NOMBRE DE PREUVES. Or, on ne peut admettre la dispersion de ces tufs à une si grande distance de leur foyer que par deux voies, ou par une pluie de cendres tombées de l'atmosphère, ou par un transport causé par des courants d'eau. La première voie est inadmissible, parce que je n'ai trouvé de ces tufs que dans les vallées basses des Apennins, et jamais sur les plateaux ni dans les bassins élevés de ces montagnes, ce qui démontre évidemment que leurs parties ne sont pas tombées d'en haut. Il faut donc avoir recours à l'action des courants, et, dans ce cas, on ne peut concevoir le transport par cette voie, sans admettre de grands mouvements d'eau, mouvements qui, à leur tour, ne pouvaient être produits que par des soulèvements souterrains. Ne doit-on pas avoir, dans ces circonstances, des données très-précieuses pour saisir la vraie cause qui a donné le relief au groupe montueux de Roccamonfina? Il me resterait encore quelque chose à dire sur cet argument; mais ma lettre est déjà fort longue et je ne veux pas abuser davantage de vos moments. Seulement je ne puis passer sous silence, qu'après être arrivé aux conclusions exposées ci-dessus sur le volcan de Roccamonfina, j'ai jeté une autre fois les yeux sur votre carte du Cantal. Quelle analogie n'y a-t-il pas dans les conditions topographiques et géologiques de ces deux régions? Ne semble-t-il pas évident que le *Puy-de-Priou* se trouve dans les mêmes relations topographiques avec le *Plomb-du-Cantal*, que le cône de *Santa-Croce* avec la ceinture montueuse de la *Cortinella?*... Peut-être que dans plusieurs autres cas on trouverait la répétition du fait topo-

Digitized by Google

graphique de Roccamonfina. Vous savez qu'au Vésuve une remarque de la même nature a été faite par M. Visconti, c'est-à-dire que la Somma forme un demi-cercle dont le centre vient tomber au milieu du cratère du Vésuve. Mais ici il me semble qu'on ne peut tirer un grand parti de cette observation, parce que, d'une part, le cône du Vésuve a ses bases trop rapprochées de la Somma, et que, de l'autre, il se termine par un sommet très-coupé, qui renferme un vaste entonnoir. Mais à Roccamonfina la chose est bien différente.

Le cône de *Santa-Croce* est éloigné et détaché de l'enceinte de la *Cortinella*, et son sommet se termine par une pointe bien décidée. On peut donc apprécier beaucoup mieux la valeur de cette observation. Cependant je ne veux pas prétendre que la position des cônes au centre des cratères de soulèvement soit une condition essentielle pour l'admission de ces cratères. On conçoit très-aisément qu'une telle position peut varier selon les circonstances qui ont présidé à la formation de ces cratères; mais je dis seulement que lorsque nous observons des cônes plutoniques *placés justement au centre* d'une enceinte de roches relevées et plutoniques elles-mêmes, nous avons là une démonstration presque mathématique de l'origine de cette enceinte par soulèvement.

A toutes ces considérations que le volcan de Roccamonfina fait naître dans l'esprit, on doit ajouter que le géologue y trouve les preuves les plus évidentes du passage de l'action ignée terrestre, depuis sa manifestation par épanchement (action plutonique) jusqu'à celle par éruption (action volcanique). Pour se convaincre de cette vé-

Digitized by Google

rité, il suffit de mettre en comparaison les faits que présentent d'une part le cône massif de *Santa-Croce*, et de l'autre les cônes cratériformes de monte *Cunnito*, monte *Frinelli*, etc... : ces cônes rappellent tout à fait ceux qui s'élèvent en si grand nombre à la base de l'Etna. Sous ce rapport, le volcan de Roccamonfina est un chaînon très-précieux dans la série volcanique de notre pays, en ce qu'il établit la liaison entre les anciens terrains trachytiques et les volcans modernes. Ainsi, nous pouvons coordonner la série des terrains ignés des Deux-Siciles de la manière suivante :

1° Iles Ponces, île de Panarie dans les Éoliennes, monte San-Paolo près du Vulture en Basilicata. Terrain trachytique ancien caractéristique, avec absence de cratère.

2° Groupe de Roccamonfina. Cône trachytique ancien. Cratère de soulèvement. Cratères éruptifs.

3° Système des champs Phlégréens, des îles Éoliennes, du Vulture en Basilicata. Cratères d'éruption éteints, avec manifestation de soulèvement.

4° Système du Vésuve, de l'Etna, de Stromboli. Cratères d'éruption actifs, aussi avec manifestation de soulèvement.

Je suis fâché, Monsieur, de ne pas m'être trouvé à Naples après votre retour de Sicile ; je vous aurais engagé, aussi bien que M. de Buch et M. Dufrenoy, à visiter le volcan de Roccamonfina, et je me serais fait un devoir de vous y accompagner. Sans doute vous auriez trouvé dans cette région des arguments précieux pour enrichir vos importants mémoires sur les volcans de notre pays.

Digitized by Google

Mais j'espère que vous n'avez pas renoncé à l'idée de visiter encore une fois nos volcans, qui méritent sous tous les rapports de fixer l'attention des géologues.

Digitized by Google

NOTICE

Sur les mines de cobalt et argent de la forêt Noire (grand-duché de Bade).

Par M. BRAUN, Ingénieur de la compagnie d'exploration des mines métalliques des Corbières.

Il y a peut-être plus d'un siècle qu'on exploite des mines de cobalt et d'argent dans la partie septentrionale de la forêt Noire, et plusieurs d'entre elles offrent des travaux qui, d'après la tradition, datent d'une époque très-reculée.

Dans le commencement du XIXe siècle, il y avait quelques-unes de ces mines qui étaient renommées pour leur richesse en argent, pour les bénéfices considérables qu'elles donnaient à leurs actionnaires, et pour les minéraux rares qu'elles fournissaient dans tous les cabinets minéralogiques de l'Europe.

Les minéraux qu'on y recherchait principalement étaient entre autres l'argent antimonial et le bismuth sulfuré cuprifère. Depuis dix ou quinze ans, il était difficile de se procurer de ces minéraux, parce que la plupart des mines étaient abandonnées; cependant on commençait à cette époque à en reprendre plusieurs qui, en partie, ont donné des résultats très-satisfaisants, de sorte qu'aujourd'hui on compte déjà une trentaine de mines exploitées ou en fouille.

Toutes ces mines sont situées dans un rayon très-borné dans les vallées latérales de la Kinzig,

Digitized by Google

qui font partie des arrondissements de Wolfach, Schittach, Alpirsbach, etc. La plupart se trouvent encore sur le territoire badois, mais quelques-unes, dans la Reinerzau et vers Alpirsbach, sont déjà sur celui du royaume de Wurtemberg.

Après ces observations générales, nous jetterons un coup d'œil sur la constitution géologique de cette région métallifère.

La partie centrale de la chaîne principale de la forêt Noire et de ses branches, le noyau des montagnes, si j'ose m'exprimer ainsi, est formée de terrain primitif, c'est-à-dire de granite et de gneiss, qui résultent d'un grand soulèvement de la chaîne et appartiennent au cinquième système de M. Élie de Beaumont, celui de la forêt Noire et des Vosges, qui est antérieur au grès bigarré.

Cependant la forêt Noire a ressenti les effets de plusieurs soulèvements postérieurs qui ont donné naissance à des roches plutoniques plus ou moins semblables à celles du soulèvement principal, et qui ont pénétré dans les formations antérieures. Ce sont des masses de granite, de porphyre, de diorite, etc. Ces masses appartiennent à plusieurs soulèvements qui ont suivi à différentes époques le soulèvement principal de la forêt Noire, et s'y sont fait ressentir avec plus ou moins d'intensité dans différentes parties de ces montagnes. Le plus intéressant est celui du granite métallifère de la vallée de la Kinzig, postérieur au grès bigarré qui s'était déposé sur les terrains primitifs anciens. Les parties constituantes de ce granite sont de la grosseur de pois, et le feldspath qui domine est d'une couleur rouge de chair foncée, ce qui distingue ce granite de tous les autres de la forêt Noire. Aussi contient-il tou-

Digitized by Google

jours des parties argileuses qui sont probablement le résultat d'une décomposition partielle du feldspath.

M. Walchner prétend que les filons de cobalt et d'argent, qui traversent ce granite et le grès bigarré, et qui ne passent jamais de ces terrains dans le gneiss environnant, sont contemporains du premier, ce qui est très-probable, vu leur grand nombre, entièrement borné à l'étendue de ce granite. Les filons de ce système se croisent quelquefois, et leur direction n'est, par conséquent, pas toujours la même; cependant celle de l'est à l'ouest paraît plus générale.

J'ai déjà dit dans ce qui précède que les filons traversent aussi le grès bigarré, ce qui est un fait assez rare. Dans une des mines de ce rayon (Gute Gottes), on a exploité un filon ayant, sur une profondeur de 120m, pour toit le grès bigarré, et pour mur le granite. On connaît encore plusieurs autres filons, entre autres celui de St. Antoine et celui de la Sophie, qui traversent dans leur partie supérieure le grès bigarré. Ordinairement le grès bigarré paraît plus ou moins altéré au point de contact avec le granite, et contient souvent des morceaux de jaspe et des veines de dolomie.

La liaison des filons avec le granite est presque toujours très-intime, et souvent la gangue et le minerai des filons se trouvent encore dans le toit et le mur, surtout là où le granite est percé de fentes qui ont permis à ces matières d'y pénétrer. La gangue qui caractérise *tous les filons* de ce système est la *baryte sulfatée*, qui est toujours d'une couleur de chair plus ou moins foncée et quelquefois de la même nuance que celle du

feldspath dans le granite; mais assez souvent aussi, les filons ne contiennent qu'un peu de terre grasse sur une grande partie de leur étendue. Avec la baryte, qui se trouve aussi cristallisée en cristaux d'une grandeur extraordinaire, il se trouve assez fréquemment de la chaux carbonatée magnésifère en petits cristaux; plus rarement il s'y joint de beaux cristaux de chaux carbonatée ferrifère d'une couleur jaune verdâtre, et des cristaux hexaédriques de chaux fluatée verte ou bleue.

Les différents minerais qui se trouvent avec ces gangues, sont :

1° *Cobalt arsenical compacte* et *terreux* (1).

2° *Cobalt arsenical cristallisé.*

3° *Argent natif*; ordinairement ramuleux et dendritique dans la baryte, quelquefois en petits cristaux qui forment des groupes réguliers d'après les axes d'un octaèdre.

4° *Argent antimonial*; rarement en cristaux distincts.

5° *Argent sulfuré*; en cristaux et en lamelles interposées entre celles de la baryte.

6° *Argent antimonié-sulfuré*; en cristaux, et en lamelles, souvent d'une couleur rouge claire.

7° *Argent antimonié-sulfuré noir*; toujours cristallisé.

8° *Cuivre gris*; en partie en beaux cristaux.

9° *Bismuth natif*; en parties cristallines disséminées dans la baryte ou dans le cobalt.

---

(1) C'est de ce minerai, qu'on a regardé jusqu'à présent comme un véritable cobalt arsenical en partie décomposé, que j'ai eu la satisfaction de pouvoir communiquer un échantillon à M. Berthier, et un autre à M. Dufrenoy pour la collection de l'École royale des mines.

Digitized by Google

10° *Bismuth sulfuré*; ce minéral ne s'est trouvé qu'une seule fois dans la mine de Wolfgang.

11° *Bismuth sulfuré cuprifère*; disséminé dans la baryte.

12° *Arsenic natif*; en parties testacées.

13° *Arsenic sulfuré rouge*; en petites lamelles.

14° *Nickel arsenical*; en petites parties compactes dans le cobalt ou dans la baryte.

Les minéraux, produits par la décomposition des autres, qu'il faut y joindre, sont :

15° *Cobalt oxydé noir?* peut-être n'est-ce qu'une variété très-terreuse du cobalt arsenical.

16° *Cobalt arséniaté*.

17° *Nickel arséniaté*.

18° *Chaux arséniatée*. (Pharmacolite.)

19° *Urane oxydé*. (Uranite et Chalkolite.)

Il y a donc une vingtaine d'espèces minérales qui se sont trouvées dans les usines de cobalt dont nous parlons; cependant plusieurs de ces minéraux ne sont pas généralement répandus dans tous les filons de ce système; ils ne se sont trouvés au contraire que dans l'un ou dans l'autre. Le minerai qu'on rencontre généralement dans tous les filons, est le cobalt arsenical compacte et terreux. L'argent natif existe aussi dans beaucoup de filons, de même que le bismuth natif et le nickel arsenical, quoique ces deux derniers ne se soient jamais trouvés en masses considérables. Les autres minerais d'argent sont bornés à peu de filons, et le plus fécond a été celui de la mine de Saint-Wenzel près Wolfach, qui a donné aussi les plus beaux échantillons de cuivre gris, etc. Les mines qui ont donné le cobalt arsenical cristallisé sont celles de Sophie et de Gute Gottes, dont la première a

Digitized by Google

fourni aussi l'arsenic natif, l'arsenic sulfuré rouge, l'uranite, la pharmacolite et les variétés les plus remarquables de cobalt arséniaté, qui d'ailleurs se trouve assez fréquemment dans plusieurs autres mines des environs. Le *bismuth sulfuré cuprifère*, minéral qui ne s'est rencontré encore dans aucun autre pays, ne se trouve ici que dans deux mines; ce sont celles de *Neu Gluck* et *Daniel*; il est souvent accompagné de bismuth natif.

Il y a une trentaine d'années, la mine la plus riche était celle de la Sophie, qui encore à présent donne quelque peu de cobalt; mais celle qui dans ce moment est renommée pour sa richesse, surtout en argent natif, est celle du Saint-Antoine, exploitée depuis une dizaine d'années, et donnant depuis quatre ans seulement de beaux résultats aux actionnaires de la Compagnie générale d'exploitation badoise. Elle a fourni dernièrement pour 15,000 francs d'argent natif dans deux ou trois coups de mine, et depuis plusieurs années l'argent qu'on retire couvre tous les frais d'exploitation; le cobalt est d'ailleurs employé dans une fabrique de bleu d'azur qui ne tire presque que de là et qui en fabrique à peu près 20 à 30.000 kilog. par an.

On y a trouvé une partie des minéraux indiqués plus haut, notamment :

1° *Cobalt arsenical*, compacte et terreux.

2° *Argent natif* ramuleux, dendritique et lamelleux, entre les lamelles de la baryte.

3° *Argent sulfuré*, en lamelles.

4° *Argent rouge* plus ou moins foncé, en lamelles.

5° *Bismuth natif*.

6° *Arsenic sulfuré rouge*.

Digitized by Google

7° *Nickel arsenical.*
8° *Cobalt arséniaté.*
9° *Nickel arséniaté.*
10° *Uranite.*

Les gangues sont les mêmes qu'ailleurs ; c'est la baryte avec un peu de chaux carbonatée magnésifère en petits cristaux et des cristaux jaunes de chaux carbonatée ferrifère.

Les échantillons que M. Berthier a examinés proviennent de l'ancienne mine de la Sophie. Ils me sont parvenus de la collection de feu M. Voltz, ancien directeur des mines et forêts du grand-duché de Bade. Il serait très-intéressant de savoir positivement (ce qui est très-probable), si le cobalt arsenical de la mine de Saint-Antoine et des autres mines des environs a la même composition chimique.

Il me reste encore quelques mots à dire sur les mines métallifères voisines dans lesquelles on exploite des filons qui traversent le gneiss comme la plupart des autres filons de la forêt Noire, auxquels ils sont analogues, et qui ne passent jamais dans le granite rouge qui contient les filons de cobalt. Ce sont les mines de Saint-Bernard, Saint-Gabriel, Friedrich-Christian, Herreusegen et d'autres qui sont connues aussi pour leurs minéraux. Ces filons sont d'une nature bien différente de ceux du granite rouge ; leur gangue est en partie de la chaux carbonatée, en partie du quartz et seulement très-peu de baryte blanche et de chaux fluatée. Les minerais qui s'y trouvent sont des minerais de cuivre et de plomb souvent argentifères. Bernard et Gabriel donnent une galène très-riche en argent ; Herreusegen, de la pyrite de cuivre et de la galène massive, pauvre en argent ; on y a trouvé

Digitized by Google

de très-beaux échantillons de malachite et des cristaux magnifiques de plomb sulfaté et de plomb carbonaté; Friedrich-Christian donne de la galène, du cuivre gris, de la pyrite de cuivre et du *bismuth sulfuré plombo-argentifère*, qui ne s'est encore trouvé nulle autre part.

Voilà donc un exemple très-frappant de deux systèmes de filons de nature toute différente, dont chacun est borné à un terrain particulier.

Digitized by Google

ANALYSE

Du minerai de cobalt de la mine appelée la Sophie (grand-duché de Bade).

Par M. DE MARIGNAC, Élève-Ingénieur des mines.

Les filons métallifères de la partie septentrionale de la forêt Noire, dans le grand-duché de Bade et le royaume de Wurtemberg, forment deux groupes bien distincts tant par la nature des minéraux qu'ils renferment que par celle des terrains dans lesquels ils sont invariablement compris.

Les filons du premier système ont pour gangue de la chaux carbonatée et du quartz mêlés de très-peu de baryte sulfatée blanche et de chaux fluatée ; ils renferment des minerais de cuivre et de plomb souvent argentifères. Tous ces filons sont compris dans le terrain primitif, c'est-à-dire dans le gneiss qui forme le noyau de la chaîne principale des montagnes de la forêt Noire et de ses branches, dont le soulèvement est antérieur au grès bigarré.

Les filons du second système ne pénètrent au contraire jamais dans le gneiss; ils traversent le terrain de grès bigarré et un granite à feldspath rouge qui a soulevé le grès bigarré, et qui est par conséquent postérieur à la formation de ce terrain. La gangue de ces filons est la baryte sulfatée

Digitized by Google

d'une couleur de chair; on y trouve aussi de la chaux carbonatée magnésifère, et de la chaux carbonatée ferrifère, mais en petite quantité. Les minéraux métalliques contenus dans ces filons sont très-nombreux; ce sont principalement le cobalt arsenical compacte ou cristallisé, l'argent natif, sulfuré ou antimonial, le cuivre gris, le bismuth natif ou sulfuré, l'arsenic natif et l'arsenic sulfuré, le nickel arsenical, l'urane oxydé.

Ces filons ont donné naissance à l'exploitation de plusieurs mines d'argent et de cobalt. La mine de la Sophie était la plus riche il y a trente ans, maintenant elle donne des produits moins abondants.

Le minerai que l'on a soumis à l'analyse provient de cette mine. Il est composé de cobalt arsenical compacte, presque terreux, disséminé dans une gangue de sulfate de baryte très-lamelleux et fortement coloré en rouge par de l'oxyde de fer. Cette gangue présente en quelques points une masse de petits grains noirs ayant un éclat résineux; c'est du protoxyde d'urane. Ailleurs, on voit de petites lamelles de bismuth natif, très-éclatantes, d'un blanc jaunâtre, tendres et se laissant couper. On y aperçoit aussi, mais seulement en quelques points, des parties fortement irisées et ressemblant au cuivre panaché.

De la galène se trouve encore disséminée dans ce minerai, mais de telle sorte qu'il n'est pas facile de reconnaître sa présence autrement que par l'analyse. Enfin la gangue présente encore une partie argileuse, mais en fort petite quantité.

Lorsqu'on traite ce minerai par l'acide muriatique concentré, à l'aide d'une longue ébullition,

Digitized by Google

tout le soufre qu'il contient se dégage à l'état d'hydrogène sulfuré ; le plomb, le bismuth, le cuivre, l'oxyde de fer et l'oxyde d'urane se dissolvent complétement.

Le résidu est formé du cobalt arsenical et de la gangue composée du sulfate de baryte et de la partie argileuse. En attaquant ce résidu par l'eau régale, il ne se forme pas la moindre trace d'acide sulfurique ; mais outre le cobalt et l'arsenic il se dissout du fer qui existe donc à l'état de combinaison dans l'arséniure de cobalt.

Voici la marche qu'on a suivie dans l'analyse de ce minerai : on l'a fait bouillir pendant longtemps avec de l'acide hydrochlorique concentré, puis on a étendu d'eau et filtré. Le résidu a été attaqué par l'eau régale, la gangue est restée ; on l'a analysée en la fondant avec du carbonate de soude.

Dissolution dans l'acide hydrochlorique. On y a fait passer un courant d'hydrogène sulfuré pour séparer le plomb, le bismuth et le cuivre. Le précipité a été redissous dans l'eau régale, on y a ajouté quelques gouttes d'acide sulfurique, et l'on a évaporé jusqu'à ce que cet acide commençât à se dégager en vapeurs ; alors on a étendu d'un peu d'eau et filtré. On a lavé le résidu de sulfate de plomb avec de l'eau contenant un peu d'acide sulfurique. Le sulfate a été calciné dans un creuset de porcelaine.

Pour précipiter le bismuth de la liqueur acide séparée du sulfate de plomb, on y a versé un excès de carbonate d'ammoniaque, et on a laissé digérer à une très-douce chaleur pendant un jour entier.

Digitized by Google

Puis on a recueilli l'oxyde de bismuth sur un filtre, et on l'a lavé avec de l'eau contenant un peu de carbonate d'ammoniaque. Enfin on a précipité l'oxyde de cuivre en faisant bouillir la liqueur avec de la potasse caustique.

La liqueur séparée des sulfures précédents contenait le fer et l'urane à l'état de protoxyde; on l'a évaporée avec addition d'acide nitrique pour peroxyder ces métaux; puis on a précipité le fer par le carbonate d'ammoniaque ajouté en excès. Après avoir séparé le peroxyde de fer par la filtration, on a obtenu l'urane par une ébullition prolongée de la liqueur; il s'est alors précipité à l'état de carbonate double d'ammoniaque et d'urane, en poudre d'un beau jaune, se changeant en protoxyde d'urane par la calcination.

Dissolution dans l'eau régale. On a précipité l'arsenic par l'hydrogène sulfuré. Le sulfure d'arsenic était d'un beau jaune, on l'a recueilli sur un filtre taré, on l'a lavé avec soin, puis on l'a desséché sur un alambic, jusqu'à ce que son poids fût devenu constant. Après en avoir déterminé le poids total, on en a traité une petite quantité par l'hydrosulfate d'ammoniaque; il s'y est dissous complétement, et l'on a reconnu ainsi qu'il ne renfermait point de métaux étrangers. Ensuite on a recherché la quantité de soufre qu'il contenait, en en traitant 1 gramme par l'eau régale concentrée. Après une ébullition prolongée, une portion du soufre s'est réunie en un globule fondu que l'on a pesé séparément; le reste était transformé en acide sulfurique, et a été dosé à l'état de sulfate de baryte. Connaissant ainsi la proportion du

Digitized by Google

soufre, on en a déduit la quantité totale de l'arsenic contenu dans le précipité que l'on avait obtenu.

La liqueur séparée du sulfure d'arsenic a été évaporée avec addition d'acide nitrique pour peroxyder le fer; puis on a séparé celui-ci du cobalt au moyen de l'ammoniaque en excès. Le cobalt a été précipité en dernier lieu par l'ébullition de la liqueur avec de la potasse caustique.

Analyse de la gangue. Le résidu blanc, insoluble dans les acides, a été fondu avec du carbonate de soude. La matière refroidie a été traitée par l'eau bouillante, puis on a filtré. La liqueur filtrée a été saturée d'acide hydrochlorique, évaporée à siccité et redissoute dans l'eau; mais il ne s'est point séparé de silice, elle était restée entièrement dans le résidu insoluble dans l'eau, à l'état de silico-aluminate de soude. On a précipité l'acide sulfurique par le chlorure de barium, puis l'alumine par l'ammoniaque.

Le résidu insoluble dans l'eau a été traité par l'acide muriatique; on a évaporé à sec à une chaleur modérée, et repris par l'eau. La silice a été ainsi séparée et recueillie sur un filtre. Ensuite on a précipité la baryte dans la liqueur par le sulfate d'ammoniaque, on a retrouvé un poids de sulfate de baryte égal à celui qu'on avait obtenu précédemment pour le dosage de l'acide sulfurique. Enfin on a précipité l'alumine par l'ammoniaque.

Cette analyse a été faite sur 5 gr. de minerai, en voici les résultats ramenés à 1 gramme.

Digitized by Google

Gangue insoluble dans les acides.	Acide sulfurique. .	0,096	0,278
	Baryte.	0,182	
	Silice.	0,024	0,034
	Alumine.	0,010	
Cobalt arsenical soluble dans l'eau régale.	Arsenic.	0,267	0,438
	Cobalt.	0,155	
	Fer.	0,016	
Partie soluble dans l'acide chlorhydrique.	Plomb.	0,027	0,229
	Bismuth.	0,050	
	Cuivre.	0,005	
	Oxyde de fer. . . .	0,020	
	Protoxyde d'urane.	0,127	
	Soufre et perte. . .	0,021	0,021
		1,000	1,000

On a répété l'analyse de la partie soluble dans l'acide muriatique, on a opéré sur une portion du minerai renfermant une plus grande quantité de gangue, et paraissant plus riche en oxyde d'urane. On a opéré sur 10 grammes de minerai très-bien porphyrisé, mais cette fois on a dosé le soufre qui se dégageait à l'état d'hydrogène sulfuré. Dans ce but on a adapté à la fiole dans laquelle se faisait l'attaque un tube recourbé plongeant jusqu'au fond d'un flacon contenant une dissolution d'acétate de cuivre. Un deuxième tube recourbé partait de ce premier flacon et se rendait dans un second qui contenait une dissolution d'acétate de cuivre sursaturée d'ammoniaque; mais cette précaution a été inutile, car pendant toute l'opération aucun gaz ne s'est dégagé dans ce second flacon.

Le sulfure de cuivre obtenu par ce procédé a été recueilli sur un filtre, puis on l'a traité sur le filtre et sans le laver par de l'acide nitrique fumant, on a fait bouillir le tout jusqu'à ce que le soufre se

Digitized by Google

fût entièrement transformé en acide sulfurique, puis on a précipité celui-ci par le chlorure de barium.

L'analyse de la dissolution hydrochlorique a été faite comme la première fois. Voici les résultats auxquels on est parvenu par cette analyse.

Soufre.	0,011
Plomb.	0,064
Cuivre.	0,003
Bismuth.	0,017
Peroxyde de fer. .	0,038
Protoxyde d'urane.	0,150
	0,283

Or, d'après la composition de la galène, 0,064 de plomb devaient être combinés avec 0,010 de soufre. On voit qu'il ne reste plus qu'une très-petite quantité de soufre qui s'explique par la présence du cuivre pyriteux ou panaché. Nous comptons ici tout le fer comme s'il était à l'état de peroxyde, quoique, en réalité, une petite quantité soit à l'état métallique dans le cuivre panaché; mais il serait difficile de séparer le fer qui se trouve dans ce minéral, et cela n'a aucun intérêt, vu sa rareté dans le minerai.

Le cobalt arsenical renfermé dans ce minerai paraît avoir une composition bien définie, bien qu'il n'offre aucun caractère cristallin. En effet, ce minéral seul aurait pour composition :

Arsenic. . .	0,267 ou	0,609	Atomes. 108 ou	10
Cobalt. . . .	0,155	0,354	96	9
Fer.	0,016	0,037	11	1
	0,438	1,000		

Ainsi il est presque exactement représenté par

Digitized by Google

la formule (Co, Fe,) As; une petite partie du cobalt étant remplacée par une quantité correspondante de fer.

Digitized by Google

MÉMOIRE

Sur le travail du fourneau à réverbère à double sole ;

Par M. REPLAT, Directeur de l'usine d'Albertville.

La consommation assez considérable de bois qui se fait à la fonderie royale d'Albertville (Conflans), et la grande quantité de chaleur qui se dégage par la cheminée du four à réverbère, avaient depuis longtemps fait désirer l'emploi d'un moyen capable de diminuer l'une et d'utiliser l'autre, du moins en partie.

Depuis quelques années les métallurgistes ont dirigé leurs recherches vers ce point important de l'industrie minéralurgique. Déjà, dans un grand nombre d'usines où l'on traite des minerais de fer, on a substitué l'air chaud à l'air froid. On fait usage du bois torréfié, en remplacement du charbon préparé dans les forêts : on dispose ainsi l'air à exercer une action plus énergique et plus prompte sur les minerais, et, d'un autre côté, on gagne toute la chaleur qui se dégage dans les faldes par la combustion d'une partie du bois employée à la carbonisation de l'autre. Tout cela s'exécute en appliquant à ces opérations les flammes perdues et les gaz combustibles, qui se dégagent soit par le gueulard, soit par la cheminée du fourneau. Ailleurs on a disposé des fours à chaux, des fours à réverbère alimentés par les flammes en excès. A Coutances (département de la Meuse), on voit un haut-fourneau alimenté par une machine souf-

Digitized by Google

flante mise en mouvement par une machine à vapeur dont la chaudière, placée dans le voisinage du gueulard, est chauffée par la flamme qui en sort; de sorte que ce haut-fourneau, une fois en roulement, peut continuer à marcher sans force étrangère et seulement par celle qu'il développe.

Depuis plusieurs années, M. le chevalier Despine et moi avions pensé à employer au grillage du minerai la flamme qui a traversé le four à réverbère. Cette idée ne fut pas mise à exécution.

Cependant la destruction de nos forêts, l'exportation considérable de bois et de charbon qui a lieu par les frontières de France, notamment par l'Isère, le lac du Bourget, le pont de Bens (vallée de la Rochette), m'ont déterminé à réaliser notre ancienne pensée.

Le 31 mars dernier, j'ai sollicité, auprès de M. l'intendant général de l'intérieur, l'autorisation de placer, à la suite du four à réverbère, un second four chauffé par la flamme qui sort du premier, de manière à pouvoir fondre et griller en même temps. Les modifications proposées, dont le détail estimatif s'élevait à fr. 3.416,76, ont été approuvées.

L'ancien fourneau, comme tous les fourneaux à réverbère de l'espèce, avait quatre portes, trois sur la face antérieure et une à l'extrémité sur la face opposée à la chauffe. La cheminée inclinée, placée à l'extrémité du fourneau, s'ouvrait dans la grande cheminée extérieure, dont la hauteur est de 14 mètres. La longueur du fourneau, mesurée extérieurement, était de $5^m,30$ et la largeur $3^m,30$.

J'ai cru nécessaire de faire connaître l'ancienne méthode suivie à Conflans. Je n'entrerai dans aucune explication théorique, renvoyant aux excel-

Digitized by Google

lents mémoires des savants qui ont traité cette matière avec tant de succès et de précision, et qui servent de guide à tous ceux qui s'occupent de la métallurgie du plomb : tels sont les mémoires de MM. Berthier, Puvis, Fournet, insérés dans les *Annales des mines*.

La méthode suivie anciennement a été introduite en Savoie par feu M. Schreiber, inspecteur des mines de France, ancien directeur. Elle est encore suivie aujourd'hui à Cogoletto, duché de Gênes; à Poulaouen, en Bretagne, à Pontgibaud, à la Grave (royaume de France); en Angleterre et en Allemagne.

Le fourneau est servi par deux brigades d'ouvriers, composées chacune d'un maître-fondeur, de deux aides et d'un chauffeur. Il y a, en outre, un maréchal, un scieur, et quelquefois un fendeur de bois, qui sont occupés pendant le temps de la fonte, qui dure huit mois et demi environ.

La durée d'un poste est de 16 heures : c'est le temps nécessaire pour griller et fondre. Le fourneau étant chauffé, on charge 1.260 kil. de minerai, qui ne comptent que pour 1.200 kil. à cause de l'humidité.

Les ouvriers qui viennent prendre le poste trouvent, en arrivant à la fonderie, le fourneau chargé. On donne un coup de feu pour réchauffer le fourneau, dont la température a été abaissée par l'introduction du minerai froid et humide : on maintient ainsi le feu pendant deux heures et demie; la sulfatisation s'opère, et lorsque la croûte est formée, le chef fondeur la casse à l'aide d'un ringard. Il fait, un instant après, commencer le travail des spadelles. Après que chaque ouvrier a remué le schlich à son tour, il ferme la porte, et

Digitized by Google

il n'y a que la première qui reste ouverte, pour observer ce qui se passe dans le fourneau. Après ce premier tour on en commence immédiatement un second. Les matières sont d'un rouge obscur : on les maintient à cette température pendant 2 heures et demie environ. Après le deuxième tour de spadelles, les matières qui sont vis-à-vis la troisième porte sont avancées vers le milieu du fourneau, de manière à être réparties également sur les deux tiers de la sole; de sorte que la troisième porte du fourneau devient dès ce moment inutile. L'on ferme cette troisième porte, pour ne plus la rouvrir. Après la neuvième heure on fait la première percée : le plomb tombe dans le bassin extérieur; on jette dans le fourneau les mattes de la fonte précédente : le plomb s'en sépare facilement par liquation.

Avant la quinzième heure, la température est portée au rouge blanc; c'est le maximum; les matières ne rendent plus; on arrête l'opération; on retire les crasses par la porte de fond; on répare la sole, et, après avoir découvert le bain, on lingote : on laisse refroidir le fourneau pendant une demi-heure. Pendant ce temps la sole reprend de la consistance. On procède ensuite au chargement par lequel les fondeurs terminent leur tâche. La nouvelle brigade d'ouvriers arrive; il est huit heures du soir, si l'opération a commencé à quatre heures du matin. Le travail est continué de la même manière.

Pour le nouveau procédé, l'ancien fourneau a été allongé; il a actuellement 8^{m},30; il n'avait que 5^{m},30. La largeur est la même (3^{m},30). Il est divisé intérieurement en deux compartiments qui se communiquent par une ouverture d'un mètre

Digitized by Google

de largeur. Le premier compartiment du côté de la chauffe, destiné à la fusion, est un peu plus petit que l'ancien fourneau; il a un mètre de moins en longueur; il n'a que deux portes. Cette réduction est motivée sur ce qu'en suivant l'ancien procédé, ainsi qu'on l'a vu il y a un instant, après que le grillage est opéré au deuxième tour de spadelles, on réunit toutes les matières vis-à-vis les deux premières portes. La partie du fourneau qui est vis-à-vis la troisième porte restait vide; c'est un espace qu'il fallait chauffer inutilement. A la suite de ce premier compartiment se trouve le second que je désigne par fourneau de grillage; il a à peu près la grandeur et la forme de l'ancien fourneau; seulement du côté par où arrive la flamme qui a parcouru le premier compartiment, il n'y a pas d'autel. Les deux soles forment un plan légèrement incliné vers le bassin intérieur, qui se trouve toujours à la deuxième porte du fourneau de fusion. Cette disposition facilite le transport des matières du deuxième fourneau dans le premier. Le deuxième compartiment est garni de trois portes sur la face antérieure, et d'une porte sur la face opposée à la chauffe. Entre les deux fourneaux, sur la face antérieure, on a placé une porte qui n'est ouverte que pour faciliter le transport des matières grillées dans le fourneau de fusion. Cette dernière n'existait pas pendant le dernier fondage.

A l'extrémité de chaque compartiment et à la partie supérieure, la voûte est percée pour donner passage à deux petites cheminées qui conduisent la flamme et les gaz dans la grande cheminée. A leur entrée dans cette dernière, elles sont garnies d'une porte en fonte qui s'ouvre à volonté et qui sert de registre.

Digitized by Google

Par ce moyen, on peut diriger la chaleur à volonté. En fermant la première cheminée, on oblige la flamme et les vapeurs à parcourir toute la longueur du fourneau, et à sortir par la deuxième cheminée. Si la chaleur est trop forte dans le fourneau de grillage, que le premier compartiment se remplisse de vapeurs, et que tous les gaz ne puissent sortir par la deuxième cheminée, on ouvre plus ou moins le registre de la première. On est rarement dans le cas de fermer la cheminée du fourneau de grillage.

Dans le nouveau mode de travail, le fourneau est servi par quatre brigades d'ouvriers, composées chacune d'un chef fondeur et de deux aides; il y a trois chauffeurs, en tout quinze ouvriers. Ceux-ci travaillent huit heures, et ceux-là seize heures. Les premiers ont seize heures de repos sur vingt-quatre, et les seconds, après avoir travaillé seize heures, se reposent seize heures. Il y a ainsi continuellement sept ouvriers de service. Il y a, en outre, un maréchal, un scieur, un fendeur, qui sont occupés pendant le temps de la fonte, qui est réduit à quatre mois.

Le fourneau de grillage étant un peu plus petit que l'ancien fourneau, on n'a pu charger que 1.050 kil. au lieu de 1.260. Mais pour la prochaine campagne on agrandira le deuxième compartiment, de manière à introduire la même charge, ou tout au moins 1.155 kil.

Lorsque le fourneau a été chauffé pendant quelques jours, et qu'il a été amené à son état normal, voici quel est l'ordre du travail :

Les quatre ouvriers qui viennent d'achever leur poste chargent le fourneau : ils apportent le schlich sur le sol de la fonderie au-devant du fourneau, et,

Digitized by Google

à l'aide de pelles courbes, ils le jettent par les trois portes sur la sole du deuxième compartiment. Après avoir jeté quelques morceaux de bois sur le minerai, ils se retirent. Il est, je suppose, 4 heures du matin; la nouvelle brigade arrive : le chef fondeur, après s'être assuré que la charge est répartie uniformément sur la sole, fait activer le feu; il dirige, à l'aide des registres, toute la flamme dans le deuxième compartiment, et y jette, en outre, quelques morceaux de bois très-secs.

Après deux heures ou deux heures et demie, la croûte de sulfate est formée. Le chef fondeur, à l'aide d'un ringard, casse cette croûte, en promenant transversalement le tranchant de son outil sur la surface du minerai. Un instant après, le premier aide, armé d'une spadelle, se place à la première porte du côté du fourneau de fusion, soit du côté de la chauffe, remue le schlich, de manière que celui qui est en contact avec la sole, prend la place de celui qui est à la surface; par ce moyen la sulfatisation continue. L'ouvrier enfonce la spadelle sous la charge, la relève un peu, en lui faisant faire un demi-tour du côté de la chauffe pour verser la matière de ce côté; il ouvre ainsi un sillon; il reprend de nouveau en enfonçant la spadelle sous le schlich, et tourne la matière du même côté dans le sillon qui a été ouvert l'instant d'auparavant; il continue ainsi en s'éloignant, jusqu'à ce qu'il soit arrivé à la limite qu'il peut atteindre du côté de la deuxième porte, puis il revient en sens contraire, opérant d'une manière analogue, mais tournant les matières du côté opposé à la chauffe; enfin il recommence une troisième fois, en opérant comme à la première, de sorte que par cette manipulation la charge est définitivem

tournée. Les surfaces sont renouvelées, et la sulfatisation continue d'avoir lieu. Après ce travail, qui dure un peu plus d'une demi-heure, le chef fondeur commence à la porte du milieu et opère comme le premier ouvrier; il retire sa spadelle, met une ou deux bûches de bois sur la charge, et ferme sa porte. Le deuxième aide fait la même opération à la troisième porte qu'il ferme ensuite. Il n'y a que la première porte qui reste ouverte pour observer l'allure du fourneau. L'ensemble des opérations exécutées par les trois fondeurs s'appelle un tour de spadelles. On en commence immédiatement un second, et ainsi de suite. Les matières sont d'un rouge obscur. On les maintient à cette température pendant deux heures environ. On diminue l'intensité du feu dans le fourneau de grillage, en ouvrant davantage le registre de la première cheminée. Bientôt la réaction des sulfures sur les sulfates s'opère; il se dégage beaucoup d'acide sulfureux; le fourneau se remplit de vapeurs rutilantes, et le schlich fin, qui n'a pas été attaqué, qui est très-pulvérulent, est entraîné en partie par le courant avec une certaine quantité de sulfates. La masse s'échauffe par la combustion du soufre; c'est pourquoi on diminue les sources de chaleur; elle devient pâteuse; le plomb métallique commence à paraître; mais, étant en petite quantité et opposé au courant d'air, il s'oxyde bien vite, et en cet état il réagit sur le sulfure et contribue à la désulfuration.

A la septième heure, soit à 11 heures pour la charge commencée à 4 heures du matin, la fonte est terminée dans le fourneau de fusion. Ce fourneau est libre, et on y fait passer la matière grillée au moyen de ringards et de spadelles. A midi

Digitized by Google

moins un quart le deuxième compartiment est vide ; on y introduit une nouvelle charge.

Toutes les matières grillées étant réunies sur la sole du fourneau de fusion, on entretient le feu dans la chauffe; on élève graduellement la température. On continue sans interruption le travail des spadelles par les deux portes ; on passe deux spadelles à la première porte et une à la deuxième ; c'est ce qui compose un tour de spadelles. Les matières deviennent plus pâteuses ; le plomb coule de toutes parts et se rend dans le bassin intérieur. A 2 heures ou 2 heures et demie, soit entre la dixième et la onzième heure, on fait la percée ; le plomb coule dans le bassin extérieur ; on le recouvre de charbon pour le préserver de l'oxydation et le tenir à l'état liquide ; on jette par la première porte les mattes qui recouvraient le bain à la fin de l'opération précédente au moment de lingoter : le plomb s'en sépare facilement par liquation. Les matières devenant moins riches en plomb sont moins fusibles, et on peut élever la température au rouge cerise : on la maintient dans cet état pendant deux ou trois heures. Après ce temps le plomb ne coule presque plus ; il est mêlé de mattes que l'on reconnaît à la couleur blanche et à la consistance visqueuse. Parvenues dans le bassin, elles surnagent sur le bain, et par suite de leur légèreté spécifique se séparent facilement. On les enlève avec une écumoire, et on les jette dans le fourneau par la première porte : on continue le travail des spadelles jusqu'à la fin de l'opération. Cependant les matières s'appauvrissent, les substances étrangères deviennent dominantes; elles enveloppent pour ainsi dire le plomb de toutes parts. Il faut alors porter la température au rouge blanc. A 6 heures

Digitized by Google

et demie du soir, soit après quatorze heures et demie, la température est arrivée au maximum ; les matières ne rendent plus rien ; on arrête l'opération. On réunit les crasses que l'on extrait par la première porte, en les faisant tomber sur le sol de la fonderie ; on les arrose fortement pour les refroidir.

Pendant que la sole est suante et ramollie, on en égalise la surface avec le plat d'une spadelle ; si elle a été attaquée, qu'il y ait des cavités et des gerçures, on y jette de bonnes crasses que l'on empâte quelquefois avec de la chaux.

Pendant tout le travail que l'on vient de décrire, le grillage s'opère dans le prêmier compartiment, et aussitôt que le fourneau de fusion est libre, que le plomb est lingoté, les ouvriers du deuxième fourneau y font passer la charge grillée.

Les fondeurs, qui viennent de terminer leur opération, lingotent le plomb, chargent le fourneau de grillage et se retirent. On voit que l'on conduit deux opérations à la fois. Chaque opération dure seize heures ; elle s'exécute successivement dans deux fourneaux. On charge toutes les huit heures.

Comme on est toujours en fonte dans le premier compartiment, la sôle est continuellement exposée à une température très-élevée ; elle se ramollit tellement qu'elle peut laisser suinter les matières en fusion à travers l'autel ; le plomb et les crasses peuvent couler dans le cendrier. D'un autre côté le minerai grillé, qui provient du fourneau de grillage, éprouve un changement brusque de température, et, étant soumis immédiatement à la chaleur élevée du fourneau de fusion, peut fondre de suite ; il se réduit en mattes et coule à

Digitized by Google

l'état liquide dans le bassin intérieur qu'il remplit, et souvent il s'échappe par les portes. Pour éviter ce dernier inconvénient, pour raffermir la sole et abaisser la température du premier compartiment, on jette quelques seaux d'eau dans ce compartiment lorsqu'il est vidé. On juge par la couleur, à défaut de pyromètre, de l'intensité de la chaleur, et la température du fourneau de fusion étant abaissée au degré de celui de grillage, on peut faire passer la charge sans crainte et continuer le travail sans inconvénient.

Si pendant le travail on poussait trop le feu, le sous-sulfure riche en plomb, qui est très-fusible, de pâteux qu'il était passe à l'état liquide : alors tout coule à la fois, et le plomb et les mattes. Il est bien difficile alors de conduire l'opération à bonne fin; on obtient peu de plomb et beaucoup de mattes. On tâche de remédier au mal en jetant de la brasque ou de la chaux sur les matières en fusion. Le charbon diminue la masse des sulfates, en décomposant l'acide sulfurique, sèche les matières et désoxyde le plomb. La chaux favorise la désulfuration.

L'introduction du nouveau procédé, quoique ne changeant rien au fond du travail des spadelles, nous a cependant donné quelques embarras. Le premier compartiment était toujours trop chaud, et les matières coulaient en mattes; le tirage ne s'opérait que difficilement. J'ai fait usage de l'eau pour refroidir le fourneau, et j'ai fait exhausser la cheminée; alors le fourneau a pris son état normal.

On verra par le tableau de la fonte, qui est ci-après, que le premier mois a donné peu de plomb et beaucoup de crasses. Ces crasses étaient composées de mattes en grande partie.

Digitized by Google

Journal de la fonte au fourneau à réverbère, commencée le 4 novembre 1839 à 4 heures du matin.

DÉSIGNATION du minerai.	MOIS.	Introduction. — Schlich.	PRODUITS.			CONSOMMATION.		
			Plomb.	Crasses.	Sulfates.	Bois.	Charbon.	Fer.
	1839.	kil.	kil.	kil.	kil.	st.	vans.	kil.
Schlich de Tarentaise.	Nov.	69.380	32.134	20.503	210	205	179	1.936
	Déc.	93.000	53.928	17.820	578	263	236	2.602
	1840. Janv.	93.000	55.278	18.046	873	263	216	2.394
	Fév.	87.000	50.341	17.913	684	252	209	2.528
	Mars.	43.000	23.600	10.525	338	106	96	638
Totaux. . .	. . . .	385.380	215.281	84.807	2.683	1.089	936	10.098
Schlich de St-Jean.	Mars.	39.500	19.933	3.355	212	665	60	267

Il résulte de ce tableau que le schlich a rendu

55.862 p. o/o de plomb d'œuvre
22.182 — crasses
696 — sulfates.

Les crasses traitées au fourneau à manche, ainsi que les sulfates, ont rendu en plomb : les crasses 27.931 et les sulfates 54.833; de sorte que le schlich de Tarentaise a rendu, plomb. . 55.862

Réduites au o/o de schlich les crasses ont donné. 6.197

Réduites au o/o de schlich les sulfates ont produit. 0.381

62.440

Digitized by Google

Le résultat de la fonte du schlich de Saint-Jean a été. . . . . 67,90 plomb
11,37 de crasses, qui ont donné au o/o de schlich. 3,41
0,718 sulfates qui ont rendu. . . . 0,39

71,70

Il est certain que le changement opéré dans le mode de travail a produit un résultat avantageux. Pour en convaincre, j'ai placé ci-après l'état du produit des cinq campagnes précédentes. Si on compare le produit de cette année avec la moyenne des cinq années qui précèdent, on verra qu'il y a une augmentation de produit, augmentation exprimée par 1^{k},603 de plomb d'œuvre au o/o de schlich, et pour tout le minerai traité cette année c'est une augmentation de 6.177 kil. de plomb, lequel, évalué à 60 fr., produit 3.706 fr. 20 c. Comme il s'agit de plomb d'œuvre, j'aurais dû peut-être l'évaluer à 80 fr.; mais il faut observer que lorsque d'une quantité donnée de schlich on obtient plus de plomb, il est sensiblement moins riche en argent; c'est ce que fait voir le tableau que j'ai joint à ce rapport.

Le but principal que je me suis proposé, en opérant les modifications que je viens de faire connaître, c'est l'économie du bois. On a consommé pour o/o de schlich 0st,282 de bois, tandis que la moyenne des cinq années précédentes a été de 0,438, différence 0,155, et sur 385.380 kil. de schlich qui ont été traités, c'est 597 stères au prix de 6 fr. 25 c. . . . . . 3.731^{f},25

L'ensemble des avantages obtenus s'élève donc à . . . . 7.437^{f},45

Si, comme j'ai lieu de l'espérer, je parviens à

Digitized by Google

traiter 1.260 kil. de minerai à la fois, au lieu de 1.050, la consommation du bois sera peu augmentée. Il en résultera une plus grande économie que j'évalue à $\frac{1}{6}$ de celle qui est déjà réalisée, c'est-à-dire que je réduirai la consommation du bois à la moitié de ce qu'elle était en suivant l'ancien procédé : j'obtiendrai également une économie sur la main-d'œuvre.

La consommation du fer a été sensiblement augmentée ; mais elle diminuera en traitant plus de minerai à la fois.

On pourrait peut-être croire que cette augmentation de produit ne s'obtient qu'au préjudice de la qualité du plomb, et que le plomb d'œuvre obtenu est moins pur que précédemment. Pour lever tous les doutes à cet égard, j'ai calculé pour les cinq années qui précèdent quelle était, en dernière analyse, la quantité de plomb marchand obtenue par o/o de schlich, après en avoir extrait l'argent et vérifié tous les produits des affinages.

On trouve que 100 kil. de schlich ont rendu,

en 1834. . . .	57,60 plomb marchand.
1835.	57,47
1836.	57,07
1837.	58,31
1838.	57,10
Produit moyen. . . .	57,51
En 1839, on a obtenu.	58,60

Ainsi, d'après tout ce qui précède, l'avantage du nouveau mode de traitement est incontestable. Il y a augmentation de produit et diminution dans la consommation du combustible. Quant au produit, l'augmentation provient de ce que le grillage se fait mieux, qu'il est moins précipité ; la va-

Digitized by Google

porisation est moins forte. En effet, pendant la dernière fonte on n'a retiré de la cheminée que 0,696 de sulfates pour 0/0 de schlich, tandis que la moyenne des cinq dernières années est de 1,056.

Pour ce qui est de l'économie du bois, elle est une conséquence de la disposition du travail.

En suivant attentivement les opérations qui s'exécutent au fourneau à deux soles, j'ai pensé que l'on pouvait faire des changements avantageux; il y en a trois que je fais exécuter pour la fonte prochaine.

Lorsque l'on fait passer le minerai grillé du second compartiment dans le premier, le travail est très-pénible; la distance entre la première porte du grillage et la deuxième du fourneau de fusion est trop considérable. J'ai pensé à faire ouvrir une porte dans le trumeau qui sépare les deux fourneaux. Cette porte sera fermée par un tampon de fonte et par une pierre mobile; elle ne sera ouverte qu'au moment de faire passer la charge.

En réparant le fourneau, je ferai augmenter un peu le fourneau de grillage et diminuer celui de fusion; par ce moyen je pourrai introduire une plus grande charge, 1.260 kil. peut-être, mais au moins 1.155 kil.

Lorsque l'on commence le travail des spadelles, que le schlich est sec, mais pas encore agglutiné, le courant d'air entraîne les parties qui sont à l'état pulvérulent; le sulfate est également entraîné. On retrouve une partie de ce dernier dans la grande cheminée. Pour éviter une trop grande perte de matières métalliques, je fais établir une chambre de condensation entre la petite cheminée du fourneau de grillage et la

Digitized by Google

grande cheminée; c'est sur le sol de cette chambre que j'espère retrouver les matières métalliques.

Le premier et le troisième changement sont indiqués sur les plans joints à ce mémoire.

Pendant le travail de la dernière campagne, j'ai remarqué : 1° qu'il y avait avantage à faire sécher le bois; on conçoit qu'en effet dans un fourneau à réverbère il ne faut que de la flamme. Lorsque l'on jette du bois vert dans la chauffe, surtout lorsqu'il est en grosses bûches, il brûle à la surface; une partie de la chaleur qui se développe est employée à vaporiser l'eau qu'il contient et à carboniser la partie intérieure qui n'a pas le contact de l'air. Ce charbon brûle ensuite en donnant, il est vrai, de la chaleur dans la chauffe; mais ce n'est pas là qu'il faut l'appliquer.

2° Que l'on introduit dans le four de grillage du schlich froid et humide; il faut du temps et de la chaleur pour vaporiser l'eau qu'il contient et élever la température à un degré tel que la sulfatisation puisse avoir lieu.

Pour remédier à ces deux inconvénients, j'ai pensé que l'on pourrait établir dans le voisinage du fourneau trois étuves en fonte chauffées à l'extérieur par la flamme qui se dégage de la cheminée, et placer dans chacune le bois nécessaire à la consommation d'une fonte (8 heures). Il y aurait toujours une étuve pleine, une étuve que l'on remplirait, et enfin une troisième qui fournirait le bois pour le travail. On pourrait encore placer au-dessus du four de grillage une caisse en fonte pour pouvoir contenir tout le schlich d'une charge, soit 11 à 1.200 kil. La partie inférieure aurait la forme d'une trémie et serait fermée par une soupape à tiroir; la voûte du fourneau de

Digitized by Google

grillage serait percée d'une ouverture carrée, pyramidale, fermée par un tampon de fonte mobile à l'aide d'une bascule. Au moyen de cet appareil, on ferait tomber sur la sole du fourneau le schlich qui aurait séjourné sept heures dans cette caisse.

Par ces deux modifications que je me propose de faire exécuter, aussitôt que j'en aurai reçu l'autorisation de l'administration générale de l'intérieur, je pense que la durée du grillage sera plus courte, et que le travail qui exige seize heures pourra s'exécuter en quatorze heures.

D'après ce que je viens d'exposer, on jugera que le fourneau à réverbère à deux soles, tel que celui qui existe actuellement à la fonderie royale d'Albert-Ville, présente un grand avantage, tant sous le rapport de l'économie du bois que sous le rapport du produit.

J'aime à croire que les métallurgistes approuveront ce perfectionnement, et que ceux qui s'occupent du traitement du plomb s'empresseront de l'adopter.

EXPLICATION DES PLANCHES.

Fourneau à réverbère. (Pl. IV.)

FIGURE 1re.

Plan du fourneau à réverbère de la fonderie royale d'Albert-Ville (anciennement Conflans) tel qu'il a existé jusqu'en 1839.

Depuis sept ans la face antérieure et la face latérale opposée à la chauffe sont revêtues de plaques de fonte à partir de 0m.63 du sol. Ces plaques sont renforcées par des pièces de fonte (Bukstow) placées sur les joints, lesquelles sont retenues par des barres de fer qui traversent le four-

Digitized by Google

neau tant sur la longueur que sur la largeur, placées au-dessous de la sole et au-dessus de la voûte.

On voit la disposition de la grille, du bassin extérieur de réception et des trois portes placées sur les faces antérieures par lesquelles on travaille.

FIGURE 2e.

Projection horizontale du fourneau indiquant la disposition des armures en fer, qui sont au-dessus de la voûte; on voit la projection du rampant, ou petite cheminée qui communique avec la grande qui est extérieure.

FIGURE 3e.

Projection verticale sur la face antérieure; on voit la disposition et la grandeur des portes de travail et de celle de la chauffe, les deux grands manteaux de cheminée pour donner issue aux vapeurs et fumées, qui sortent par les portes de travail. On remarque la disposition des Bukstows au nombre de huit.

FIGURE 4e.

Projection verticale sur la face latérale opposée à la chauffe, la porte dite des crasses, ou celle par laquelle on les extrait à la fin de la fonte suivant l'ancien procédé : cette face présente quatre Bukstows; le massif de la petite cheminée ou rampant avec ses armures; elle est également revêtue de plaques de fonte sur toutes ses faces.

FIGURE 5e.

Coupe sur la longueur passant par le milieu de la porte des crasses; on reconnaît la disposition et la hauteur de la grille de la chauffe, la hauteur de l'autel, le surbaissement de la voûte, l'inclinaison de la sole depuis la chauffe jusqu'à l'extrémité opposée pour faciliter l'extraction des crasses, le cendrier, les deux manteaux de cheminée pour les vapeurs.

FIGURE 6e.

Coupe en travers passant partie par la porte du bassin et partie par la petite cheminée. On remarque la forte inclinaison de la sole vers la porte où se trouve le bassin intérieur.

Digitized by Google

Lorsque ce bassin est plein, on fait la percée au-dessous de la porte, et le plomb coule dans le bassin extérieur de réception.

Fourneau à réverbère à double sole. (Pl. V.)

Figure 1re.

Plan du fourneau à deux soles pris au niveau de la sole, tel qu'il a été construit pour la fonte qui a commencé le 4 novembre 1839. On remarque que ce fourneau est divisé en deux compartiments, l'un plus petit du côté de la chauffe destiné à la fusion, l'autre plus grand destiné au grillage avec une seule chauffe. Il n'y a que deux portes dans le premier compartiment, il y en a trois dans le second. Entre les deux chambres on a établi une porte pour faciliter le transport du schlich grillé depuis le fourneau de grillage dans celui de fusion. Sur la face opposée à la chauffe, on a laissé subsister la porte qui y était anciennement; elle ne sert plus à extraire les crasses. On tire les crasses après la fonte par la première porte du côté de la chauffe.

Figure 2e.

Projection verticale sur la face antérieure. On voit la disposition des portes; les deux premières appartiennent au fourneau de fusion, la troisième est placée dans le massif, qui sépare les deux fourneaux : elle n'est ouverte que pour faire passer la charge grillée du deuxième compartiment dans le premier. (Elle n'existait pas pendant la fonte dernière.) Les trois dernières portes appartiennent au fourneau de grillage. Il y a onze Bukstows pour retenir les plaques du revêtement; on remarque la face antérieure de chaque petite cheminée; on voit la disposition des deux manteaux de cheminée, qui ne sont pas aussi réguliers qu'à la figure 1re de la planche 2e, parce que, par économie on a agrandi un des manteaux, au lieu de les refaire tous les deux. La grande pièce de bois sur laquelle ils sont établis, est soutenue par deux barres en fer fixées au comble.

Figure 3e.

Coupe sur la longueur du fourneau par une ligne passant par le milieu. On remarquera que la sole est inclinée

Digitized by Google

depuis l'extrémité du fourneau jusqu'au bassin intérieur et que depuis la chauffe il y a également une pente vers le même point.

Figure 4e.

Coupe en travers par une ligne brisée passant par le milieu du bassin extérieur, et par la petite cheminée du fourneau de fusion. La disposition de la cheminée de grillage est la même qu'à la figure 6 planche IV.

Nota. Les deux planches IV et V ne seront publiées qu'avec la cinquième livraison.

Digitized by Google

Résultat des fontes au fourneau à réverbère de la fonderie royale d'Albert-Ville pendant six années.

ANNÉES.	SCHLICH.	Plomb au o/o de schlich.	Crasses au o/o de schlich.	Sulfates au o/o de schlich.	Charbon au o/o de schlich.	Bois au o/o de schlich.	Fer au o/o de schlich.	Main-d'œuvre au o/o de schlich.	Plomb au o/o de crasses.	Plomb des crasses au o/o de schlich.	Plomb au o/o de sulfates.	Plomb des sulfates au o/o de schlich.	Total des colonnes 2, 10, 12	Argent au o/o de schlich.	Argent au o/o de plomb.
	kil.	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1834	399.000	56,95	17,18	1,107	0,050	0,419	2,204	0,789	13,70	2,33	53,58	0,593	59,873	0,00138	0,00233
1835	385.200	56,65	17,83	1,412	0,054	0,493	2,130	0,785	19,19	3,42	54,30	0,766	60,636	0,00143	0,00234
1836	346.200	55,37	18,61	1,17	0,057	0,440	2,370	0,812	21,47	4,25	52,50	0,614	60,134	0,00146	0,00246
1837	366.800	59,52	13,65	0,81	0,054	0,399	1,850	0,780	16,85	2,30	53,45	0,432	62,252	0,00154	0,00248
1838	365.600	57,45	16,20	0,78	0,053	0,438	2,350	0,790	17,45	3,40	50,60	0,441	61,291	0,00138	0,00234
Moyenne. . .		57,18	16,69	1,056	0,053	0,438	2,18	0,791	17,73	3,14	52,886	0,569	60,837	0,001438	0,00239
1839	385 380	55,86	27,00	0,696	0,060	0,282	2,62	0,912	27,931	6,197	54,833	0,381	62,44	0,00143	0,00228

Digitized by Google

Pour calculer la teneur en argent soit du plomb, soit du schlich obtenu pendant chaque exercice, il a fallu tenir compte des matières tenant argent restées de l'exercice précédent et de celles restant à la fin du même exercice.

Ainsi pour la dernière campagne on a obtenu :

	k.
Argent fin.	563,829
On a traité 385,380 kil. schlich de Tarentaise et 29,500 kil. schlich de St-Jean. Le schlich de St-Jean contient 0,0003 d'argent, c'est à ôter.	8,850
Reste pour le schlich de Tarentaise.	554,979

Il restait de l'exercice précédent :

k.			
2485	plomb de St-Jean tenant. . . .	0,0006	1,491
852	*id.* d'abstrichs *id.*	0,0013	1,107
198	*id.* de coupelle riche. . . .	0,0015	0,297
2219	*id.* de crasses de schlich. .	0,0006	1,331
1093	*id.* de crasses d'abstrichs. .	0,0009	0,983
980	*id.* trouvé sous la sole de l'affinage.	0,0022	2,156
354	Crasses d'abstrichs représentant 130 kil. plomb.	0,0009	0,117
119	Crasses de coupelle riche représentant 57 kil. plomb.	0,0010	0,057
			7,539
	Reste.		547,440

Il reste à la fin de l'exercice :

k.			
942	plomb d'abstrichs.	0,0015	1,224
687	*id.* des crasses d'abstrichs..	0,0009	0,618
160	*id.* de coupelle riche. . . .	0,0015	0,240
178	*id.* des crasses d'abstrichs. .	0,0010	0,178
			549,700

Ce qui réduit la teneur du schlich à 0,00142. On a obtenu 239164 plomb d'œuvre au réverbère et au fourneau à manche; ce qui réduit la teneur du plomb d'œuvre à 0,00230.

Digitized by Google

RÉSULTATS PRINCIPAUX

Des expériences faites dans le laboratoire de chimie de Vesoul, pendant l'année 1839;

Par MM. THIRRIA et EBELMEN, Ingénieurs des mines.

EXPÉRIENCES DE M. THIRRIA.

1° *Analyse et essai du minerai de fer de Treveray* (Meuse).

Ce minerai est traité dans le haut-fourneau de Treveray. Il se compose de fragments de fer hydroxydé géodique et de petits morceaux d'argile ferrugineuse endurcie, empâtant des oolithes milaires de fer hydroxydé. Nous n'en connaissons pas le gisement; mais il est probable, d'après ses caractères minéralogiques, qu'il se trouve en amas dans le dépôt sableux de la partie inférieure du terrain *néocomien*, comme les minerais de Bettoncourt et de Chatonrupt, dans le département de la Haute-Marne. Sa poussière est d'un jaune brunâtre, non magnétique. Il produit une légère effervescence avec l'acide nitrique étendu; traité par l'acide hydrochlorique, il dégage du chlore; la potasse bouillante lui enlève une quantité notable d'alumine; le nitre ne dénote pas la présence de l'oxyde de chrôme.

L'analyse a donné :

Peroxyde de fer. . . .	0,6410
Oxyde de Manganèse. .	trace
Acide phosphorique. .	trace
Argile.	0,1180
A reporter. .	0,7590

Report. .	0,7590
Alumine soluble	0,0540
Carbonate de chaux. . .	0,0178
Eau.	0,1682
	0,9990

Il renferme donc 43,42 p. o/o de fer métallique, d'après sa teneur en oxyde de fer.

L'essai par la voie sèche a été fait avec

gr.		gr.
10	Minerai cru correspondant à minerai calciné.	8,13
2,53	Carbonate de chaux contenant chaux.	1,42
1,95	Silice.	1,95
		11,50

Proportions qui ont été déterminées d'après la considération que les laitiers les plus fusibles des hauts-fourneaux contiennent généralement : silice, 55; alumine, 15; chaux, 30.

La fusion s'est faite parfaitement et a donné :

	gr.
Culot et scorie.	9,60
Oxygène.	1,90

	gr.	
Fonte.	4,40	9,60
Scorie.	5,20	

	gr.	
Matières vitrifiables insolubles. . .	1,18	5,20
Fondant ajouté.	3,37	
Matières vitrifiables solubles. . . .	9,65	

La fonte du culot était blanche, d'un grain serré, difficile à casser sous le marteau ; mise dans l'acide hydrochlorique, elle a dégagé une faible odeur d'hydrogène phosphoré dû à la petite quantité de phosphore provenant du phosphate de fer contenu dans le minerai. La scorie était d'un vert foncé et parfaitement vitreuse.

Digitized by Google

2° *Analyse et essai du minerai de fer de Jolibois* (Meuse).

On a le projet de traiter ce minerai dans le haut-fourneau de Treveray (Meuse). Il diffère peu du minerai de Treveray par ses caractères extérieurs, et sa position géologique doit être la même. Sa poussière est aussi d'un jaune brunâtre, non magnétique; et il se comporte d'une manière analogue avec l'acide nitrique, l'acide hydrochlorique, la potasse et le nitre. Sa composition est la suivante :

Peroxyde de fer.	0,54800
Oxyde rouge de manganèse. . . .	0,01600
Acide phosphorique.	0,00005
Argile.	0,26000
Alumine soluble.	0,03600
Carbonate de chaux.	0,07700
Eau et oxygène.	0,14690
	0,98395

D'après sa teneur en oxyde de fer, ce minerai renferme 37,98 p. o/o de fer métallique.

L'essai par la voie sèche a eu lieu avec

gr.		gr.
10,00	Minerai cru correspondant à minerai calciné.	9,00
3,07	Carbonate de chaux contenant chaux.	1,72
1,18	Silice.	1,18
		11,90

Le mélange s'est très-bien fondu, et on a obtenu :

	gr.
Culot et Scorie.	10,24
Oxygène.	1,66

	gr.	
Fonte.	3,81	10,24
Scorie.	6,43	

Digitized by Google

	gr.	
Matières vitrifiables insolubles. . .	2,60	
Fondant ajouté.	2,90	6,43
Matières vitrifiables solubles. . . .	0,93	

La fonte du culot était truitée, à gros grains et tenace. Sous le marteau, elle s'est un peu aplatie avant de se rompre. Traitée par l'acide hydrochlorique, elle a donné une odeur bien reconnaissable d'hydrogène phosphoré dû au phosphore provenant du phosphate de fer renfermé dans le minerai. La scorie était d'un vert brunâtre, bien vitreuse, mais un peu bulleuse.

L'acide phosphorique est en proportion trop faible dans le minerai de Jolibois pour nuire sensiblement à la bonne qualité des fontes et des fers, surtout si les fers sont fabriqués à la houille par la méthode champenoise. Cependant on doit le considérer comme inférieur au minerai de Treveray, dans lequel il n'existe qu'une trace d'acide phosphorique, et qui d'ailleurs est un peu plus riche, puisqu'il renferme 43,42 p. o/o de fer métallique.

Au reste, ces deux minerais, à cause de la forte proportion d'alumine qu'ils contiennent, doivent être traités l'un et l'autre avec addition de castine et de quartz, comme fondants, ou avec d'autres minerais accompagnés de parties calcaires et siliceuses.

3° *Analyse et essai du minerai de fer du Moulemont, commune de Raze* (Haute-Saône).

Ce minerai est traité dans le haut-fourneau de Conflandey; mais on ne l'emploie qu'accidentellement, attendu qu'il donne aux fontes la propriété fâcheuse de produire des fers cassants à froid. Il

Digitized by Google

provient d'un gîte appartenant aux terrains tertiaires. Il se compose de grains de fer hydroxydé de grosseur variable et brisés pour la plupart; les gros grains sont friables et ont une couleur bleuâtre qui indique qu'ils renferment plus d'oxyde de manganèse que les petits. Sa poussière est d'un jaune brunâtre foncé, sans action sur le barreau aimanté. Il produit une faible effervescence avec l'acide nitrique étendu, et dégage du chlore avec l'acide hydrochlorique. La potasse bouillante lui enlève une certaine quantité d'alumine. Lorsqu'on le chauffe avec du nitre au creuset d'argent, et qu'on reprend par l'eau, on obtient une liqueur sensiblement colorée en jaune, qui devient orangée par l'addition de l'acide nitrique, et verte quand on la fait bouillir avec de l'acide hydrochlorique, ce qui prouve qu'il renferme une trace d'oxyde de chrôme.

L'analyse a donné :

Peroxyde de fer.	0,4640
Oxyde rouge de manganèse. . .	0,0470
Acide phosphorique.	0,0034
Argile.	0,2640
Alumine soluble.	0,0360
Carbonate de chaux.	0,0140
Oxyde de chrôme.	trace
Eau et oxygène.	0,1640
	0,9924

D'après la proportion d'oxyde de fer que renferme ce minerai, sa teneur en fer métallique doit être de 32,15 pour cent.

On a déterminé la proportion d'oxyde de manganèse par le procédé de M. Ebelmen, en traitant par l'acide hydrochlorique, étendu et bouillant, dix grammes de minerai mélangés avec cinq grammes

Digitized by Google

de fleur de soufre bien exempt d'acide sulfurique. On a obtenu ainsi 0,gr. 43 de sulfate de baryte, où les 0,gr. 087 d'oxygène de l'acide sulfurique représentent l'excédant de l'oxygène de l'oxyde du minerai sur celui du protoxyde dissous par l'acide. En supposant l'oxyde du minerai à l'état de peroxyde, l'excédant d'oxygène donne 0,gr. 534 de peroxyde correspondant pour 1 à 0,047 d'oxyde rouge calciné.

L'essai par la voie sèche a été fait avec :

gr.		gr.
10,00	Minerai cru correspondant à minerai calciné.	8,22
3,03	Carbonate de chaux contenant chaux.	1,71
1,07	Silice.	1,07
		11,00

Le mélange s'est très-bien fondu, et on a obtenu :

	gr.
Culot et Scorie.	9,60
Oxygène.	1,40

	gr.	
Fonte.	3,28	9,60
Scorie.	6,32	

	gr.	
Matières vitrifiables insolubles. . .	2,64	
Fondant ajouté.	2,78	6,32
Matières vitrifiables solubles. . .	0,90	

La fonte du culot était d'un gris clair, à grains fins et dépourvue de ténacité; car sous le marteau elle s'est rompue très-facilement. Mise dans l'acide hydrochlorique, elle a produit une odeur très-sensible d'hydrogène phosphoré dû à la forte proportion du phosphore provenant du phosphate de fer associé au minerai. La scorie était d'un vert-bouteille foncé, compacte et bien vitreuse.

C'est à l'acide phosphorique, qui se trouve en

Digitized by Google

assez grande quantité dans le minerai de Moulemont, qu'il faut attribuer le vice qu'il donne aux fontes et aux fers, car nous nous sommes assurés qu'il ne renfermait ni soufre ni arsenic. Comme il n'existe aucun moyen de débarrasser les minerais de fer de l'acide phosphorique qu'ils contiennent, et que même, lors de la fusion, on ne peut empêcher le phosphore de se porter en totalité sur la fonte, quelque grande que soit la proportion de castine employée, les laitiers qui accompagnent les fontes les plus phosphorées ne donnant à l'analyse aucune trace d'acide phosphorique, il faut éviter de traiter à Conflandey le minerai du Moulemont, ou du moins on ne doit le porter qu'en très-faible proportion dans le lit de fusion des autres minerais, afin de ne pas trop altérer la bonne qualité des produits donnés par ceux-ci.

4° *Analyse du minerai de fer de Chamsol* (Doubs).

Ce minerai est employé comme fondant dans les hauts-fourneaux de la compagnie d'Audincourt, qui sont alimentés avec des minerais de fer en grains accompagnés d'argile, de nodules calcaires et de petits cailloux quartzeux. On le trouve en couche dans les marnes oxfordiennes du deuxième étage du terrain jurassique. Il ne subit aucune préparation et se compose de petits grains de fer hydroxydé, disséminés dans une marne endurcie, d'un gris jaunâtre. Sa poussière est d'un jaune tirant sur le brun. Il n'est pas attirable au barreau aimanté. L'acide nitrique étendu l'attaque facilement et produit une vive effervescence. L'acide hydrochlorique exerce aussi sur lui une action très-prompte, mais ne donne aucun dégagement

Digitized by Google

de chlore. On s'est assuré qu'il ne renfermait pas de trace d'acide phosphorique.

L'analyse a donné :

Peroxyde de fer.	0,3260
Argile.	0,0880
Alumine soluble.	0,0040
Carbonate de chaux. . . .	0,4920
Eau.	0,0800
	0,9900

D'après sa composition, ce minerai renferme 22, 82 p. o/o de fer métallique.

5° *Analyse d'une brique réfractaire du Montet* (Saône-et-Loire).

Les briques réfractaires du Montet sont employées avec avantage pour la construction des chemises des hauts-fourneaux et le revêtement intérieur des fours à réverbère destinés au puddlage des fontes et au chauffage du fer puddlé. Elles sont d'un gris blanchâtre, sonores et exemptes de toute boursouflure. Leur pâte est entremêlée de petits cailloux quartzeux. Un morceau de ces briques ne se ramollit pas, quand on l'expose à la plus haute température des fours à reverbère, sur l'autel d'un four servant au chauffage du fer puddlé.

La brique soumise à l'analyse avait la composition suivante :

Silice de l'argile et quartz mélangé.	0,8100
Alumine.	0,1880
Oxyde de fer.	trace
	0,9980

6° *Analyse d'une brique dite réfractaire de Noiron-les-Gray* (Haute-Saône).

Cette brique avait été faite avec un mélange

d'argile de Noiron-les-Gray, provenant du terrain tertiaire qui renferme les gîtes du minerai de fer pisiforme, et de sable de Moissay (Jura), qui est le détritus d'un arkose du terrain houiller ancien. Elle était rougeâtre, peu sonore et sans boursouflures. Sa pâte renfermait de petits cailloux quartzeux et quelques fragments de feldspath. Un morceau placé sur l'autel d'un four à chauffer le fer puddlé, s'est fondu complétement.

L'analyse a donné :

Silice de l'argile et du feldspath et quartz mélangé.	0,7400
Alumine de l'argile et du feldspath. . .	0,1800
Oxyde de fer.	0,0560
Perte.	0,0240
	1,0000

On n'a pas dosé l'alcali, mais la perte en représente approximativement la proportion; c'est à sa présence et à celle de l'oxyde de fer, qui forme, avec la silice, un silicate très-fusible, qu'il faut attribuer la fusibilité de cette composition que ses proportions de silice et d'alumine auraient rendue inaltérable au feu, si ces deux substances eussent été seules.

7° *Analyse d'un mélange de terres, destiné à la fabrication de briques réfractaires à Noiron-les-Gray* (Haute-Saône).

Ce mélange avait été fait avec de l'argile et du sable extraits sur le territoire de Noiron-les-Gray et appartenant au terrain tertiaire qui renferme les gîtes du minerai de fer pisiforme. Il était grisâtre et entremêlé de petits cailloux quartzeux. On en a placé des cubes sur l'autel d'un four à chauffer

Digitized by Google

le fer puddlé, et la composition a parfaitement résisté à l'action du feu.

L'analyse a donné :

Silice de l'argile et quartz mélangé. .	0,8200
Alumine.	0,1200
Oxyde de fer.	0,0080
Eau.	0,0500
	0,9980

Ou pour la même composition supposée privée d'eau :

Silice de l'argile et quartz mélangé. . .	0,8649
Alumine.	0,1265
Oxyde de fer.	0,0086
	1,0000

8° *Analyse d'une argile sableuse présumée réfractaire de Noiron-les-Gray* (Haute-Saône).

Cette terre se trouve sur le territoire de Noiron-les-Gray, et appartient au terrain tertiaire dans lequel existent les gîtes du minerai de fer pisiforme. Elle est de couleur grisâtre et a peu de liant, par suite de la forte proportion de sable siliceux dont elle est mélangée. Ce sable est à grains fins et sans cailloux quartzeux. On avait le projet de s'en servir pour la construction de l'ouvrage et du creuset du haut-fourneau de Noiron, si elle était reconnue réfractaire. L'analyse a prouvé qu'elle devait effectivement être infusible; sa composition était la suivante :

Silice de l'argile et sable mélangé. . . .	0,8840
Alumine.	0,1040
Oxyde de fer.	0,0060
	0,9940

Digitized by Google

9° *Analyse d'un schiste bitumineux des environs de Mulhouse* (Haut-Rhin).

Ce schiste bitumineux a été envoyé par MM. Kœchlin, frères, qui désiraient savoir s'il contenait une huile propre à l'éclairage, et dans quelle proportion. On le trouve près de Mulhouse, dans le terrain tertiaire, au contact d'un dépôt de lignite trop peu important pour être exploité. Il est brunâtre, a de la consistance, et présente la structure feuilletée d'une manière très-prononcée. Sa poussière est grise. Traité par l'acide nitrique, il produit une vive effervescence, avec dégagement de gaz nitreux dû à la pyrite de fer qu'il renferme. Soumis à l'action de la chaleur dans une cornue en verre placée au milieu d'un bain d'huile ordinaire, il donne à 180° une huile jaunâtre très-liquide; et quand on le chauffe dans une cornue en porcelaine, à une température plus élevée, on voit se dégager, après la première huile, plusieurs huiles de moins en moins liquides, et dont la couleur tire de plus en plus sur le brun, dégagement qui cesse à la température du rouge sombre, et se termine par une huile très-épaisse, d'un brun noirâtre. Le résidu de la distillation est terreux et noir.

Ce schiste est composé comme il suit :

Argile et charbon.	0,5910
Carbonate de chaux.	0,1600
Sulfure de fer ($Fe. S^2$).	0,0260
Huiles diverses.	0,1480
Eau.	0,0750
	1,0000

Le mélange des huiles est visqueux et d'un brun noirâtre. L'alcool en dissout une partie et

devient laiteux par l'addition de l'eau qui, s'unissant avec lui, en sépare l'essence de l'huile essentielle dissoute. Les proportions d'hydrogène et de carbone ont été déterminées avec l'appareil de Liebig; l'oxygène et l'azote ont été dosés ensemble par différence. Le tube dont on s'est servi pour la combustion a reçu, après avoir été bien desséché, 3gr. de chlorate de potasse fondu qui avaient été mélangés avec 24gr. environ d'oxyde de cuivre calciné au préalable et encore chaud, puis un mélange intime de 35 centigrammes d'huile avec 70 grammes environ d'oxyde de cuivre, et pardessus le tout, une colonne d'oxyde de cuivre seul, allant jusqu'à 4 centimètres du bouchon. On avait eu soin d'envelopper d'une feuille de clinquant la partie du tube renfermant l'oxyde de cuivre seul, afin de diminuer les chances de faire crever le tube. On a obtenu ainsi pour la composition du mélange huileux :

Hydrogène.	0,0901
Carbone.	0,7910
Oxygène et azote.	0,1189
	1,0000

Ce mélange d'huiles contient moins d'hydrogène que les huiles provenant des graines oléagineuses qui sont employées pour la préparation du gaz destiné à l'éclairage; cependant il produirait plus de substances gazeuses combustibles (hydrogène libre, hydrogène carboné, oxyde de carbone) que les houilles les plus riches en hydrogène qui sont les plus propres à l'éclairage, puisqu'elles ne renferment que 5 à 6 p. o/o d'hydrogène, avec 11 à 12 p. o/o d'oxygène et d'azote. Mais ces gaz auraient le grave inconvénient d'être accompagnés

Digitized by Google

d'hydrogène sulfuré produit par la décomposition du sulfure de fer, et d'acide carbonique donné par le carbonate de chaux; et il serait nécessaire, pour les en débarrasser en grand, que l'appareil de production des gaz fût pourvu, comme ceux dans lesquels on distille les houilles sulfureuses, d'un *dépurateur* renfermant du foin humecté d'eau de chaux. En outre, on n'extrairait du schiste la totalité des différentes huiles qu'il peut donner, qu'en le chauffant au rouge, opération qui devrait se faire dans des cylindres en fonte, et qui ne serait avantageuse qu'autant que le schiste pourrait être obtenu à très-bas prix, et que le combustible dont on ferait usage pour sa distillation reviendrait à bon marché.

Sur la composition comparée de quelques fontes obtenues au charbon ou au bois, à l'air froid ou à l'air chaud.

Les fontes destinées à la fabrication du fer sont affinées dans les foyers d'affinerie au moyen du combustible végétal, par trois procédés qui constituent les méthodes *comtoise*, *champenoise* et *bourguignonne*, lesquelles diffèrent notablement à raison de la nature particulière des fontes soumises à l'affinage. Dans la méthode comtoise, on fait usage ordinairement de fontes grises dont la fusion et le passage à l'état ferreux s'opèrent difficilement; dans la méthode champenoise, on traite des fontes truitées qui fondent assez facilement et donnent une matière ferreuse, dont l'épuration s'effectue sans grandes difficultés; enfin, dans la méthode bourguignonne, on emploie des fontes blanches qui sont faciles à fondre et à convertir en fer. Nous avons pensé que la détermination de la

Digitized by Google

composition chimique du type des fontes affinées dans chaque méthode, offrirait de l'intérêt, en ce qu'elle ferait connaître les causes de leur fusibilité plus ou moins grande, et de leur prédisposition variable au passage à l'état ferreux, d'où dépendent principalement les différences des trois procédés d'affinage.

Comme on a reconnu que les fontes provenant des hauts-fourneaux dans lesquels on lance de l'air chaud, se comportent à l'affinage différemment des fontes obtenues par la fusion des minerais dans les hauts-fourneaux soufflés à l'air froid, il existe chez les maîtres de forges beaucoup de répugnance pour l'emploi des fontes à l'air chaud. En effet, ces fontes fondent en général plus difficilement que les fontes à l'air froid, et la matière ferreuse qu'elles produisent se coagule et s'épure plus lentement. On peut néanmoins en retirer de bon fer, pourvu qu'on change le *montage* des foyers, et qu'on modifie un peu le procédé d'affinage; mais, quoi qu'on fasse, on ne peut les affiner avec autant d'économie que les fontes à l'air froid, les consommations de fonte et de combustible étant toujours plus grandes pour la même production en fer. C'est ce qui explique la défaveur des fontes à l'air chaud. D'un autre côté, on a remarqué que les fontes données par les hauts-fourneaux qui sont soufflés à l'air chaud, et dans lesquels on porte du bois vert ou desséché, s'affinent avec le même avantage que les fontes à l'air froid, et sans qu'il soit nécessaire de modifier aucunement le montage des foyers ou le mode d'affinage. En conséquence, il nous a paru intéressant de déterminer la composition chimique des fontes obtenues à l'air chaud, les

Digitized by Google

hauts-fourneaux consommant du charbon seul, un mélange de charbon et de bois, ou du bois seul, afin de comparer cette composition avec celle des fontes à l'air froid, et de rendre raison des différences ou des similitudes de leur manière d'être dans les foyers d'affinerie.

Le tableau suivant présente les résultats des dix analyses que nous avons faites.

Digitized by Google

DÉSIGNATION.	FONTES OBTENUES A L'AIR FROID avec le charbon de bois.					FONTES OBTENUES A L'AIR CHAUD avec le charbon de bois.	FONTES OBTENUES A L'AIR CHAUD avec un mélange de charbon et de bois.	FONTES OBTENUES A L'AIR CHAUD avec le bois seul.		
	Nº 1. Grise de Montureux.	Nº 2. Grise de Clerval.	Nº 3. Truitée de Cirey.	Nº 4. Blanche de Louvemont.	Nº 5. Blanche de Rochvilliers.	Nº 6. Grise de Clerval.	Nº 7. Grise de Clerval.	Nº 8. Noire d'Audincourt.	Nº 9. Grise d'Audincourt.	Nº 10. Blanche d'Audincourt.
Graphite ou carbone libre.	0,0260	0,0260	0,0140	0,0032	0,0020	0,0280	0,0260	0,0300	0,0240	0,0040
Carbone combiné.	0,0106	0,0100	0,0201	0,0280	0,0300	0,0067	0,0090	0,0069	0,0114	0,0262
Silicium.	0,0134	0,0115	0,0038	0,0016	0,0010	0,0202	0,0125	0,0326	0,0077	0,0029
Manganèse.	trace.	trace.	»	»	»	trace.	trace.	trace.	trace.	trace.
Fer.	0,9500	0,9525	0,9621	0,9672	0,9670	0,9451	0,9525	0,9305	0,9569	0,9669
	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Digitized by Google

N° 1. Fonte grise de Montureux (Haute-Saône), *obtenue au charbon de bois et à l'air froid.*

Cette fonte résulte du traitement de minerais de fer en grains appartenant aux terrains tertiaires et au terrain diluvien. Elle est grise, à gros grains entremêlés d'un grand nombre de lamelles de graphite, très-douce à la lime et au burin. Sous le marteau, elle s'aplatit avant de se rompre. Elle donne d'excellent fer, qui sert à la fabrication de la tôle.

On a déterminé la proportion du carbone libre et du carbone combiné, au moyen du chrômate de plomb et du chlorate de potasse employés suivant le procédé indiqué par M. Regnault dans le tome XV des *Annales des mines*. Le carbone libre et la silice correspondant au silicium ont été obtenus en attaquant la fonte par l'acide hydrochlorique pur étendu d'eau.

N° 2. Fonte grise de Clerval (Doubs), *obtenue au charbon de bois et à l'air froid.*

Cette fonte provient de la fusion de minerais de fer en grains appartenant aux terrains tertiaire et diluvien, et du minerai de fer oolithique en roche de Laissey, situé dans la partie inférieure du 1er étage du terrain jurassique.

Le haut-fourneau roulant à l'air froid, le vent est lancé sous une pression de 5 centimètres de mercure, par une buse unique de 50 millimètres de diamètre. On y passe 20 charges en 12 heures, et chaque charge se compose de :

	k.
Charbon, 5 rasses faisant ensemble 1/2 mètre cube et pesant.	112

		k.
Minerais	en grains, 5 3/4 conges faisant ensemble $0^{mc},098$ et pesant.	178
	en roche de Laissey, 2 conges faisant ensemble $0^{mc},038$ et pesant. . . .	60
Castine, 3/4 conge cubant $0^{mc},012$ et pesant. .		18

Cette charge rend 75 à 78$^{k.}$ de fonte.

La fonte de Clerval obtenue au charbon et à l'air froid est grise, à gros grains, pénétrée d'un grand nombre de lamelles de graphite et très-douce. Une partie est coulée en gueuses qui donnent de bons fers pour tréfilerie; une autre, en objets de moulerie.

Le carbone libre et le carbone combiné ont été dosés ensemble au moyen de l'acide carbonique produit par l'attaque avec le chrômate de plomb et le chlorate de potasse, et leurs proportions relatives ont été déterminées en traitant la fonte par l'acide hydrochlorique pur et étendu.

N° 3. Fonte truitée de Cirey (Haute-Marne), *obtenue au charbon de bois et à l'air froid.*

Cette fonte provient de la fusion de minerais de fer en plaquettes géodiques et en oolithes miliaires situés dans le terrain néocomien. Elle est truitée, c'est-à-dire blanche avec petites taches grises, à grains fins et serrés. Elle se laisse limer et buriner difficilement. Le marteau ne l'aplatit pas sensiblement avant de la rompre. Elle donne les fers de bonne qualité dits *demi-roche*.

Comme on n'a pu en obtenir de la limaille, on l'a réduite en petits fragments qu'on a attaqués par le brôme, pour dissoudre le fer et le manganèse. Le résidu, composé de tout le carbone et de la silice correspondant au silicium, a été pesé, après avoir été bien séché à la flamme d'une lampe

Digitized by Google

à esprit-de-vin. En le calcinant, on a eu la silice, et ensemble, par différence, le carbone libre et le carbone combiné qu'on a dosés en obtenant le carbone libre par l'acide hydrochlorique.

N° 4. Fonte blanche de Louvemont (Haute-Marne), *obtenue au charbon et à l'air froid.*

Cette fonte résulte du traitement d'un minerai de fer en oolithes miliaires situé dans le terrain néocomien. Elle est blanche, presque compacte et d'une structure un peu rayonnée. La lime et le burin ne l'attaquent pas; le marteau la brise facilement sans l'aplatir. Elle donne, par le puddlage, les fers de 2ᵉ qualité dits *fers de Champagne à la houille.*

Le fer a été séparé par le brôme, et le carbone libre par l'acide hydrochlorique.

N° 5. Fonte blanche de Rochvilliers (Haute-Marne), *obtenue au charbon et à l'air froid.*

Cette fonte provient de la fusion d'un minerai de fer oolithique situé dans les marnes oxfordiennes du terrain jurassique, et d'un minerai diluvien dû au déplacement du premier à l'époque diluvienne. Elle est compacte, d'une texture un peu radiée et d'un aspect argentin. Elle résiste complétement à l'action de la lime et du burin; elle se brise très-facilement sous le marteau. Elle donne, par l'affinage au charbon de bois, les fers de bonne qualité dits *fers de Bourgogne.*

On a employé le brôme pour doser ensemble le carbone libre et le carbone combiné dont les proportions relatives ont été déterminées en attaquant la fonte par l'acide hydrochlorique.

Digitized by Google

N° 6. *Fonte grise de Clerval* (Doubs), *obtenue au charbon de bois et à l'air chaud.*

Cette fonte provient des mêmes minerais que ceux employés dans le roulement à l'air froid; mais la charge a la composition suivante :

		k.
Charbon,	5 rasses faisant ensemble 1/2 mètre cube et pesant.	112
Minerais	en grains, 6 1/2 conges faisant 0^{mc},111 et pesant.	197
	en roche de Laissey, 3 conges faisant 0^{mc},057 et pesant.	90
Castine,	3/4 conge cubant 0^{mc},12 et pesant. . .	18

On passe 20 charges en 15 heures, et chaque charge produit 90 à 92 kilog. de fonte.

L'air est lancé à la température de 184 degrés centigrades et sous une pression de 4,5 centimètres de mercure, par une buse de 56 millimètres de diamètre.

Cette fonte est grise, à grains moyens accompagnés de beaucoup de lamelles de graphite, extrêmement tenace et aussi douce que la fonte à l'air froid, dont elle ne diffère qu'en ce que la couleur tire un peu sur le noir et que les grains sont moins gros. Elle a d'ailleurs les mêmes emplois.

On a déterminé ensemble le carbone libre et le carbone combiné, au moyen du chrômate de plomb et du chlorate de potasse, et l'attaque par l'acide hydrochlorique les a fait doser séparément.

N° 7. *Fonte grise de Clerval* (Doubs), *obtenue à l'air chaud, avec un mélange de charbon de bois vert.*

Les mêmes minerais qui sont employés dans le roulement au charbon seul alimentent le haut-

Digitized by Google

fourneau de Clerval quand il consomme du charbon et du bois vert ; mais la charge a la composition suivante :

		k.
Charbon, 4 rasses faisant ensemble $\frac{2}{5}$ de mètre cube et pesant.		89
Bois vert, 1 rasse faisant $\frac{1}{10}$ de mètre cube et pesant.		30
Minerais	en grains, 5 1/2 conges faisant 0^{mc},093 et pesant.	168
	en roche de Laissey, 3 conges faisant 0^{mc},057 et pesant.	90
Castine, 3/4 conge cubant 0^{mc},012 et pesant. . .		18

On fait, en 14 heures, 20 de ces charges qui produisent, chacune, 80 à 82 kilog. de fonte.

L'air est lancé à la température de 184 degrés centigrades et sous une pression manométrique de 4,5 centimètres de mercure, par une buse de 56 millimètres de diamètre.

La fonte a les mêmes caractères extérieurs que la fonte à l'air froid ; elle est grise, à gros grains entremêlés d'un grand nombre de lamelles de graphite. Elle est d'ailleurs très-facile à limer et à buriner, et elle prend l'empreinte du marteau avant de se rompre. On la coule aussi en partie en gueuses, en partie en objets moulés.

L'analyse a été faite comme pour les deux autres fontes de la même usine.

N° 8. *Fonte noire d'Audincourt* (Doubs), *obtenue au bois vert seul et à l'air chaud.*

Trois sortes de minerais produisent les fontes d'Audincourt, savoir : des minerais hydroxydés en grains provenant des terrains tertiaire et diluvien, un minerai hydroxydé oolithique situé dans les marnes oxfordiennes du deuxième étage du

Digitized by Google

terrain jurassique, et un minerai de fer oligiste situé en filons dans le terrain de transition. Une petite quantité de scorie de forge est en outre ajoutée à ces minerais, pour enrichir leur lit de fusion.

Le haut-fourneau d'Audincourt a roulé pendant deux mois et demi en 1839, en ne consommant que du bois vert flotté, et en recevant de l'air chauffé à 360 degrés centigrades. Cet air était lancé sous la pression de 5,5 centimètres de mercure, par une buse de 63 millimètres de diamètre. La consommation moyenne par 1.000 kil. de fonte était la suivante :

		k.
Bois vert flotté, $10^{st},52$ pesant environ.		845
Minerais	en grains, $1^{mc},40$ pesant.	2800
	oolithique, $0^{mc},105$ pesant.	174
	oligiste, $0^{mc},080$ pesant.	156
Scorie de forge, $0^{mc},068$ pesant.		148
Castine, $0^{mc},26$ pesant.		400

La production mensuelle s'est élevée à 116.000 k. de fonte en gueuses, avec laquelle on a fabriqué des fers de première qualité pour tôle et tréfilerie.

La fonte noire, soumise à l'analyse, avait été obtenue après un dérangement, quand on avait diminué la charge en minerais pour remettre le fourneau en bonne allure. Elle est à gros grains accompagnés d'une multitude d'écailles de graphite, extrêmement douce et douée d'une grande ténacité, le marteau ne pouvant la rompre que très-difficilement.

On a employé le chrômate de plomb et le chlorate de potasse pour déterminer la quantité de carbone libre et de carbone combiné, qu'on a dosés respectivement en attaquant la fonte par l'acide hydrochlorique pur et étendu.

Digitized by Google

N° 9. *Fonte grise d'Audincourt* (Doubs), *obtenue au bois vert seul et à l'air chaud.*

Cette fonte était produite quand le haut-fourneau d'Audincourt avait une bonne allure. Elle est d'un gris clair, à grains moyens et serrés, homogène, très-douce et extrêmement tenace. On la préfère à la précédente pour l'affinage, par la raison qu'elle est plus fusible et qu'elle passe plus promptement à l'état ferreux.

On a aussi employé le chrômate de plomb et le chlorate de potasse pour déterminer le carbone libre et le carbone combiné qui ont été dosés respectivement au moyen de l'acide hydrochlorique.

N° 10. *Fonte blanche d'Audincourt* (Doubs), *obtenue au bois vert seul et à l'air chaud.*

Cette fonte était donnée par le haut-fourneau d'Audincourt, soit lors des dérangements produits par des chutes de mine, soit lorsqu'on y portait trop de minerais. Elle est blanche, à grains fins et serrés, d'une texture un peu radiée. La lime et le burin l'attaquent difficilement. Le marteau la rompt aisément sans l'aplatir. Elle donne par l'affinage des fers de moins bonne qualité que la précédente, lorsque les feux d'affinerie ne sont pas montés d'une manière particulière, attendu qu'elle passe trop promptement à l'état ferreux dans les feux ordinaires.

On s'est servi du brôme pour doser ensemble le carbone libre et le carbone combiné, et de l'acide hydrochlorique pur, pour déterminer leurs proportions relatives.

Observations.

Les conséquences suivantes, qui sont fort im-

Digitized by Google

portantes pour les opérations sidérurgiques faites en grand, peuvent être déduites des résultats qui précèdent :

1° Les fontes provenant des hauts-fourneaux soufflés à l'air froid et alimentés avec le charbon de bois, contiennent d'autant plus de carbone libre et de siliciure de fer, et d'autant moins de carbone combiné, qu'elles sont plus grises; d'où il résulte que la fusibilité des fontes et leur prédisposition à l'affinage sont en raison directe de leur teneur en carbone, et en raison inverse de leur proportion de carbone et de siliciure de fer;

2° Les fontes à l'air chaud contiennent moins de carbone combiné et plus de carbone libre et de siliciure de fer, que les fontes à l'air froid de même apparence; composition différente qui explique pourquoi elles fondent plus difficilement que celles-ci et produisent une matière ferreuse dont la coagulation et l'épuration sont plus lentes;

3° Les fontes provenant des hauts-fourneaux soufflés à l'air chaud, qui sont alimentés en totalité ou en partie avec du bois vert, ont la même composition chimique que les fontes à l'air froid de même apparence, de sorte qu'il est utile de porter du bois vert dans les hauts-fourneaux travaillant en fontes en gueuses. Le soufflage à l'air chaud y procure les avantages que l'on obtient dans les hauts-fourneaux produisant des fontes de moulage, notamment une économie de 12 p. 0/0 au moins sur la quantité de combustible consommé à l'air froid, et une plus grande portée en minerais de qualité médiocre, et d'autre part l'emploi du bois en nature donne aux fontes obtenues, probablement par l'abaissement de température qui en résulte dans la cuve, la propriété de se comporter

Digitized by Google

à l'affinage comme les fontes à l'air froid, qui sont celles qu'on affine avec le plus d'avantage, tant à l'air froid qu'à l'air chaud.

TRAVAUX DE M. EBELMEN.

Analyse élémentaire de quelques bitumes minéraux.

Les résultats de ces analyses sont consignés dans la troisième livraison des Annales des mines pour 1839.

ANALYSES DE MINERAIS DE FER.

Analyse du minerai de fer du Gros-Bois, commune de Pesmes (Haute-Saône).

Ce minerai, qui appartient à la formation du minerai de fer pisiforme, est en grains bien ronds, dont la grosseur ne dépasse pas celle d'un pois. Sa poussière est d'un jaune brun; il ne renferme pas notablement de grains magnétiques. Il a donné à l'analyse les résultats suivants :

Perte au feu (eau et oxygène).	0,162	
Argile.	0,094	
Peroxyde de fer.	0,682	Fer métallique. 0,473
Oxyde rouge de manganèse.	0,012	
Oxyde de chrôme.	trace	
Alumine soluble.	0,048	
Carbonate de chaux.	trace	
	0,998	

Essai par voie sèche.

On a mêlé :

gr.		
10	minerai cru... minerai calciné.	8,38
1,50	quartz en poudre.	1,50
2	Carbonate chaux... chaux. . .	1,12
	Total des matières finies,	11,00

Digitized by Google

L'essai a bien fondu.

Le culot et la scorie pesaient. . . .			9,06
Oxygène.			1,94
Fonte.	4,50	}	9,06
Scorie.	4,56		
Matières insolubles.	0,94	}	
Fondant ajouté.	2,62		4,56
Matières solubles vitrifiables.	1,00		

La fonte était blanche, fragile et très-boursouflée. La scorie était pierreuse, à cassure résineuse, d'un gris olivâtre; elle devait contenir environ 0gr.,34 de protoxyde de fer ou 7 p. o/o. La qualité de la fonte obtenue tient évidemment à ce que la scorie est restée chargée de protoxyde de fer.

Le minerai du Gros-Bois est l'objet d'une exploitation importante. Les fontes qu'il donne sont de première qualité pour l'affinage. On voit, d'après sa composition, qu'il doit être fondu avec des minerais un peu siliceux.

Essai du minerai de la Foucherotte (Meuse).

Ce minerai a été remis au laboratoire par l'un des propriétaires du haut-fourneau de Treveray (Meuse) dans lequel on l'emploie. Il se compose de petits grains oolithiques, mêlés de fragments irréguliers d'hydroxyde de fer géodique. Il ne contient pas de calcaire, ni de grains magnétiques; l'acide hydrochlorique l'attaque avec un faible dégagement de chlore. Essayé avec le nitre, il n'a pas donné d'indice d'oxyde de chrôme. La potasse bouillante lui enlève une certaine quantité d'alumine.

1° Il perd par calcination. . . . . 0,152 de son poids.

2° Il laisse dans l'acide hydrochlorique. 0,172 d'argile.

Digitized by Google

On a mêlé :

gr. 10	minerai cru... minerai calciné.	8,48
0,90	quartz en poudre.	0,90
1,90	carbonate de chaux... chaux.	1,07
		10,45

L'essai a bien fondu, on a obtenu :

Fonte.	4,33	8,75
Scorie.	4,42	
Oxygène.		1,70
Résidu insoluble.	1,72	4,42
Fondant ajouté.	1,97	
Matières solubles vitrifiables.	0,73	

La fonte était grise, tachetée de quelques mouches de fonte blanche, à grains fins et très-tenace. Elle s'aplatit sous le marteau avant de se rompre. La scorie était vitreuse, un peu bulleuse et d'un vert clair.

Dans un premier essai, fait sur le minerai de la Foucherotte, avec addition de 5 p. o/o de quartz et de 16 p. o/o de carbonate de chaux, on n'a obtenu qu'une masse fortement agglomérée, présentant une grande cavité à son centre. Le minerai essayé ne doit donc être fondu qu'avec l'addition d'un minerai ou d'un fondant très-siliceux.

Analyse de quatre minerais de fer employés dans le haut-fourneau de Montureux (Haute-Saône).

Le tableau suivant renferme les résultats de l'analyse de ces minerais.

Digitized by Google

DÉSIGNATION.	Mine grise de Montureux.	Mine rouge de Montureux.	RIGNY.	SOUHANS.
	1	2	3	4
Eau et oxygène.	0,124	0,162	0,132	0,144
Peroxyde de fer.	0,356	0,600	0,406	0,440
Oxyde rouge de manganèse.	0,006	0,008	0,012	0,018
Oxyde de chrôme.	trace.	trace.	trace.	trace.
Alumine soluble.	0,034	0,066	0,044	0,056
Argile et sable.	0,214	0,156	0,406	0,342
Carbonate de chaux. . . .	0,268	»	»	trace.
	1,002	0,992	1,000	1,000
Fer métallique.	0,247	0,416	0,281	0,305

1° Minerai exploité dans la réserve des bois communaux, à la profondeur de 8 à 12 mètres. On l'appelle *mine grise*, à cause des noyaux plus ou moins volumineux de calcaires marneux dont il est mélangé. La formation de ces parties calcaires paraît contemporaine de celle du minerai, dont elles empâtent souvent des grains. Le terrain qui renferme la couche d'argile avec grains de minerai doit être rapporté à l'étage tertiaire moyen, car on y trouve des dents et des ossements de mastodontes.

2° Minerai provenant des champs de Montureux, lavé au patouillet qui dépend du haut-fourneau. On le désigne sous le nom de *mine rouge*, par opposition avec le précédent. Il ne renferme pas une trace de calcaire. Il est à remarquer que la *mine rouge* se trouve toujours à une faible dis-

Digitized by Google

tance de la surface, 4 à 5 mètres au plus. En plusieurs points du territoire de Montureux, on trouve la mine grise sous la mine rouge. Cette dernière variété de minerai paraît provenir du remaniement des mines grises, dont toutes les parties calcaires auraient été enlevées. La nature de la cause qui a produit ce résultat est assez difficile à préciser. Toutefois, si l'on considère que les terres végétales renferment en général des sels solubles où la chaux est combinée avec des acides organiques, ou avec l'acide nitrique formé aux dépens des éléments de l'atmosphère; et si, d'un autre côté, on remarque que les mines rouges sont toujours rapprochées de la surface du sol, on pourra en tirer la conclusion qui a été présentée tout à l'heure. Ce changement des mines grises en mines rouges, par suite de la dissolution progressive du calcaire qu'elles renfermaient, est un fait qui mérite d'être remarqué et dont les conséquences géologiques, qu'il ne convient pas de développer ici, ne sont pas sans importance.

3° Minerai de Rigny, provenant des lavoirs à bras de cette localité. Le lavage de ce minerai est moins parfait que celui du précédent, il se présente en grains plus gros et de forme irrégulière. Il sert de fondant aux autres minerais qui sont plus alumineux.

4° Minerai lavé au patouillet de Bouhans et provenant du territoire de cette commune. Il présente à très-peu près les mêmes caractères que le précédent, et il appartient au même terrain.

La proportion d'hydrate d'alumine contenu dans chacun de ces minerais, varie dans le même sens que celle du peroxyde de fer, et par conséquent en sens inverse de la proportion d'argile

Digitized by Google

On peut remarquer aussi que la quantité d'eau abandonnée par calcination est d'autant plus grande que le minerai est plus alumineux, fait que la composition de l'hydrate d'alumine explique facilement.

Analyse de deux minerais de fer de la commune de Granvelle.

Ces minerais ont été remis au laboratoire par un propriétaire de Grandvelle.

Ils ont donné à l'analyse :

DÉSIGNATION.	PRÈS du village.	PRÈS du Pernot.
Eau.	0,150	0,116
Peroxyde de fer	0,648	0,302
Oxyde rouge de manganèse.	0,008	0,030
Oxyde de chrôme.	trace.	trace.
Alumine soluble.	0,070	0,022
Argile et sable.	0,114	0,536
Carbonate de chaux.	0,010	»
	1,000	0,996
Fer métallique.	0.450	0,210

1° Minerai exploité près du village de Grandvelle. Il forme des amas discontinus d'une faible étendue, à une petite profondeur au-dessous de la surface du sol ; il se compose de grains bien ronds, dont la grosseur ne dépasse pas celle d'un pois. Il ne renferme pas notablement de grains magnétiques. On prétend qu'il est cuivreux. Je n'ai pu y reconnaître la présence du cuivre. Il est

Digitized by Google

assez vraisemblable que les minerais regardés comme cuivreux sont ceux qui contiennent de petits noyaux de pyrite de fer, que les ouvriers confondent avec le cuivre.

2° Minerai exploité près du Pernot. Ce minerai est en gros grains de forme irrégulière. On l'exploite à une faible profondeur au-dessous de la surface, il recouvre le terrain tertiaire supérieur, et on peut le considérer, soit comme en constituant la dernière assise, soit comme le produit d'une alluvion un peu plus récente. La grande quantité de matières terreuses qu'il renferme, rendra son traitement peu avantageux dans le haut-fourneau, à moins qu'on ne l'emploie pour servir de fondant à des minerais très-alumineux comme le n° 1.

Analyse du minerai de fer d'Echevanne.

Ce minerai est employé en proportion considérable dans le lit de fusion du haut-fourneau de Battrans. On l'exploite dans le terrain tertiaire moyen, à cinq ou six mètres de profondeur au plus. Les grains de minerai sont en général bien ronds, et leur grosseur ne dépasse pas celle d'un pois. Ils ne sont pas mélangés de grains magnétiques. Par le nitre, le minerai donne la réaction du chrôme d'une manière très-prononcée. L'analyse a donné :

Eau.	0,140
Peroxyde de fer.	0,530
Oxyde de manganèse. . .	0,010
Oxyde de chrôme. . . .	0,002
Alumine soluble.	0,052
Carbonate de chaux. . .	0,028
Argile et sable.	0,232
	0,994
Fer métallique.	0,36

On voit, d'après la composition de ce minerai, qu'il doit être fondu avec des minerais un peu siliceux.

Analyse des minerais retirés de différentes hauteurs du haut-fourneau de Clerval.

Analyse élémentaire de divers charbons de meule.

Analyse des gaz du haut-fourneau de Clerval.

Les résultats de ces analyses sont consignés dans deux mémoires insérés dans la sixième livrai- des Annales des mines pour 1839.

Analyse d'une cadmie du haut-fourneau de Treveray (Meuse).

Cette cadmie est en masse formée de zones concentriques d'un vert plus ou moins foncé. Elle renferme çà et là des grenailles de plomb métallique. Sa densité a été trouvée de 4,97 à la température de 15°: traitée par l'acide hydrochlorique, elle laisse dégager une petite quantité d'hydrogène sulfuré. Le résidu insoluble se compose de grains sableux et de plomb métallique. L'analyse a donné :

Oxyde de zinc.	0,916
Protoxyde de fer.	0,030
Protoxyde de plomb. . .	0,016
Sulfure de plomb. . . .	0,016
Plomb métallique. . . .	0,014
Silice et sable.	0,008
	1,000

Digitized by Google

MÉMOIRE

Sur les perfectionnements et modifications des procédés employés pour la fabrication du fer obtenu par l'affinage des fontes dans les foyers d'affinerie.

Par M. E. THIRRIA, Ingénieur en chef des mines.

Depuis que le combustible végétal est devenu cher, par suite du développement toujours croissant de l'industrie sidérurgique, les maîtres de forges ont dû chercher à économiser ce combustible dans les foyers d'affinerie, en même temps que dans les hauts-fourneaux, pour que les prix des fers au bois ne fussent pas hors de proportion avec ceux des fers à la houille, dont la fabrication, soit au marteau par la méthode champenoise, soit aux cylindres par la méthode anglaise, s'est perfectionnée d'une manière remarquable. Ces derniers, il est vrai, sont et seront toujours inférieurs, pour la qualité, aux fers au bois; mais ils les remplacent déjà dans une foule d'usages, et ils tendent de plus en plus à les expulser de leurs débouchés. Ainsi, depuis quelque temps, on les emploie à la fabrication des tôles fortes destinées aux chaudières des machines à vapeur, et on est parvenu à les convertir en gros fils de fer d'assez bonne qualité (1). De là, l'importance d'abaisser les prix Exposé.

(1) A l'usine de Plaine (Aube), qui dépend des usines de Châtillon-sur-Seine, on fabrique depuis 1838 des fils de fer du n° 23 au n° 17, c'est-à-dire de 8 à 2 millimètres de diamètre, avec du fer puddlé qui ne subit aucune prépa-

de revient pour conserver aux fers au bois les emplois dont ils sont encore en possession, et auxquels les fers à la houille sont peu propres ou tout à fait impropres, tels que la fabrication des tôles fines, des fils de fer de petites dimensions, des clous à cheval, des aciers cémentés, des armes, des instruments de taillanderie, des pièces de machines et des fers de carrosserie. De nombreux essais ont été faits récemment, à cet effet, dans les forges de l'arrondissement minéralogique composé des départements de la Haute-Saône, de la Haute-Marne et de la Côte-d'Or. Ce sont ces essais, dont la plupart ont été couronnés de succès, que nous nous sommes proposé de faire connaître dans ce mémoire, ainsi que ceux entrepris dans plusieurs usines voisines de ces trois départements,

---

ration particulière. On en fait des trousses de 6 à 7 kilogrammes, composées de trois morceaux de fer de 32 centimètres de longueur chacun, sur 56 millimètres de largeur et 18 millimètres d'épaisseur, et on chauffe ces trousses dans un four à réverbère alimenté avec de la houille. Quand elles ont atteint la température du blanc soudant, on les passe aux cylindres pour obtenir la verge n° 23. Ce chauffage exige, par 1000 kilogrammes de verge n° 23, 9 hectolitres de houille de Rive-de-Giers et d'Épinac mélangées à parties égales, et 1170 kilogrammes de fer puddlé. Après avoir recuit le n° 23, on le passe deux fois à la filière, pour obtenir les n°s 22 et 21; on recuit de nouveau le n° 21, pour parvenir aux n°s 20 et 19; et enfin on recuit le n° 19, pour obtenir les n°s 18 et 17, tandis que le fil de fer au bois qu'on fabrique dans la même usine, n'a besoin d'être recuit qu'une seule fois au n° 23, pour donner *tous* les numéros de 23 à 17. Les prix des fils de fer à la houille et au bois peuvent donner la mesure de leurs qualités respectives : à égalité de grosseur, la botte de 10 kilogrammes de fil de fer puddlé se vend 20 centimes seulement de moins que le fil de fer au bois.

Digitized by Google

que nous avons visitées dans la campagne de 1839. A la description des perfectionnements et modifications qu'a éprouvés jusqu'à ce jour la fabrication des fers au bois, nous ajouterons quelques considérations sur les améliorations qui nous paraissent susceptibles d'être adoptées généralement, comme donnant non-seulement une économie de combustible végétal, mais encore une économie d'argent, sans laquelle aucune innovation n'est possible en industrie.

Notre travail sera divisé en trois parties : nous décrirons dans la première les différentes méthodes d'affinage; dans la seconde, les perfectionnements et modifications des procédés de fabrication du fer; et nous indiquerons dans la troisième les améliorations qui nous paraissent devoir être introduites dans les procédés de fabrication aujourd'hui en usage.

PREMIÈRE PARTIE.

Description des différentes méthodes d'affinage.

La fonte est convertie en fer, dans les foyers d'affinerie, en une seule opération, par trois méthodes qui ont entre elles des similitudes et des différences que nous allons faire connaître. Nature des fontes soumises à l'affinage.

CHAPITRE Ier.

MÉTHODE COMTOISE.

On traite ordinairement, par la méthode comtoise, des fontes grises à gros grains, avec paillettes de graphite, qui sont produites par les hauts-fourneaux dans leur allure normale; mais il arrive

Digitized by Google

aussi que l'on est obligé d'affiner, ou des fontes noires, à très-gros grains écailleux, entremêlés de beaucoup de lamelles de graphite, lesquelles sont obtenues soit lors de la mise en feu des hauts-fourneaux, quand les charges en charbon n'ont pas encore leur portée de mine, soit pendant leur roulement, lorsqu'il se forme des attachements de mine contre les parois de la cuve; ou bien des fontes truitées à petits grains, obtenues soit quand les hauts-fourneaux éprouvent des dérangements de courte durée, soit quand on y porte des charbons de qualité inférieure à ceux qu'ils consomment ordinairement; ou bien enfin, des fontes tout à fait blanches à grains fins et serrés, produites par des chutes de mine qui s'était attachée contre les parois, ou qui a descendu irrégulièrement.

Les différentes fontes qu'on affine dans les feux comtois, résultent de la fusion des minerais de fer en grains pisiformes qui proviennent, ou d'amas situés dans des couches argilo-marneuses appartenant aux assises supérieures des terrains tertiaires, ou de gîtes formés par un remaniement diluvien de ces amas, différents minerais qui rendent généralement 33 à 36 p. o/o de fonte.

Construction et dispositions des feux d'affinerie comtois.

Les feux comtois sont construits avec cinq plaques de fonte et présentent un vide à peu près rectangulaire. La plaque sur laquelle reposent les tuyères ou la tuyère, se nomme la *varme;* celle qui lui est opposée, le *contrevent;* la plaque de derrière reçoit le nom de *haire;* celle du devant s'appelle la face du *chio;* et enfin la plaque inférieure est connue sous le nom de plaque du *fond.* Toutes ces plaques ont une forme rectangulaire, à l'exception de la varme, qui quelquefois est moins haute du côté de la haire que du côté de la

face du chio, afin que la tuyère de derrière puisse être placée un peu plus bas que celle du devant. Celles du pourtour du feu ont 6 à 7 centimètres d'épaisseur, et la plaque du chio est épaisse de 2 à 3 centimètres. Elles servent pendant plusieurs mois, hormis la plaque du fond, qu'on est obligé de remplacer toutes les semaines, et quelquefois même plus souvent; mais le feu est disposé de manière qu'on peut faire ce remplacement sans le démonter entièrement, et seulement en soulevant la face du chio.

Le feu doit être *monté* sur un terrain solide et exempt d'humidité. On l'asseoit sur une assise de maçonnerie recouverte d'une couche de terre argileuse bien battue; et quand on craint par trop l'humidité, on le monte dans une caisse en fonte dont les dimensions sont en rapport avec celles du feu, ce qui l'en préserve complétement. La plaque du fond pouvant s'échauffer fortement, auquel cas l'affinage se trouve retardé, on la place sur un petit cadre en fer de 50 centimètres de longueur, sur 20 centimètres de largeur et 27 millimètres d'épaisseur, afin que le forgeron puisse faire arriver un peu d'eau dans l'espace existant entre cette plaque et le sol, ce qui a lieu par un conduit terminé ordinairement par une vieille tuyère. L'eau ainsi amenée disparaît par évaporation ou par infiltration; mais on a soin de ne rafraîchir le fond que quand on vient de sortir la loupe du feu, afin que la grande chaleur du foyer ne fêle pas cette plaque.

La haire est enchâssée entre la varme et le contrevent, et la face du chio s'appuie aussi sur ces deux plaques, mais en reposant sur la plaque du fond. La haire et la face du chio sont toujours

Digitized by Google

placées verticalement. La varme est tantôt verticale, et tantôt un peu inclinée vers l'intérieur du feu, surtout quand on doit y traiter des fontes noires, qui ne peuvent se fondre qu'à une haute température; cette inclinaison rapprochant le vent de la gueuse et contribuant à concentrer la chaleur. Le contrevent est formé, ou d'une seule pièce toujours un peu concave, ou de deux pièces de fontes qui s'appuient l'une contre l'autre, la pièce du dessus reposant sur un petit mur en briques, et celle du dessous formant avec elle un angle très-ouvert; presque toujours il penche vers l'intérieur du feu, pour empêcher la déperdition de la chaleur; quelquefois il est tout à fait vertical, et rarement il incline un peu en dehors, dans le but de faciliter la sortie de la loupe, lorsqu'on fabrique de très-grosses pièces. Le fond est incliné à la fois vers le contrevent et vers la face du chio, disposition nécessaire pour que les scories s'écoulent facilement par le trou du chio situé du côté de la varme, en entraînant le moins possible de matière ferreuse; il reçoit cette double inclinaison au moyen de petites cales en fer placées à ses angles et sous le petit cadre sur lequel il repose. Du reste, les différentes plaques sont assujetties entre elles de la manière la plus solide, à l'aide de petits coins et de cales en fer.

Les feux comtois sont soufflés, les uns au moyen d'une seule tuyère, et c'est l'ancien mode soufflage; les autres au moyen de deux tuyères. On doit préférer les deux tuyères, parce que le vent forme mieux l'éventail dans le feu, ce qui facilite la décarburation de la fonte qui tombe de différents points de la gueuse, accélère le chauffage des pièces destinées au forgeage, ces pièces étant chauffées

au blanc soudant sur une plus grande longueur, et rend plus prompte et plus facile l'épuration complète de la masse ferreuse, lorsque le forgeron la soulève pour l'exposer à l'action du vent; différents avantages qui apportent une économie notable dans la consommation du combustible. Les tuyères sont en cuivre et durent 9 à 10 mois. Quand les feux sont soufflés à l'air chaud, on emploie des tuyères en fonte, composées de deux parties concentriques qui laissent entre elles un petit intervalle dans lequel circule l'eau qui les rafraîchit. On peut cependant se servir encore de tuyères en cuivre pour les feux où la température de l'air chaud n'excède pas 200 degrés; seulement, on est obligé de les remplacer un peu plus souvent que dans le roulement à l'air froid. L'œil des tuyères a la forme d'un demi-cercle de 27 millimètres sur 24, quand le feu est soufflé par deux tuyères, et de 40 millimètres sur 27, quand le feu n'a qu'une seule tuyère. Depuis quelque temps, on fait des tuyères à œil très-plat de 40 millimètres de longueur, sur 10 de hauteur, dans le but d'obliger le vent à s'étendre en nappe, et on s'en trouve bien. Quand on emploie deux tuyères, elles se touchent hors du feu; mais dans l'intérieur, elles sont un peu éloignées l'une de l'autre, leur museau étant légèrement tordu du côté opposé à leur contact. Au reste, qu'il y ait deux tuyères ou une seule, l'air est toujours lancé dans le feu par deux buses en fonte dont l'œil est circulaire et a 24 à 26 millimètres de diamètre.

Dans ces derniers temps, la plupart des feux comtois ont été couverts, soit d'une voûte destinée à empêcher la déperdition de la chaleur, soit d'un rampant qui conduit la flamme perdue dans

Digitized by Google

un four latéral où elle est utilisée ; et cette disposition apporte une économie notable dans la consommation du combustible, comme nous le dirons bientôt.

La manière de monter les feux d'affinerie change suivant la nature des fontes à traiter, et nous indiquerons quels sont ces changements, qui consistent principalement à augmenter ou à diminuer la profondeur du feu, l'inclinaison du vent et l'avancement des tuyères dans le feu. Nous donnons ici les dimensions et les dispositions de deux feux d'affinerie à une seule tuyère, et de cinq feux à deux tuyères, dans lesquels on affine des fontes grises, qui sont celles qu'on soumet habituellement à l'affinage comtois.

Digitized by Google

Feu d'affinerie comtois à une seule tuyère.

DIMENSIONS ET DISPOSITIONS PRINCIPALES.	AUDINCOURT.	BOURGUIGNON.
Longueur intérieure du feu, prise au niveau du dessus de la face du chio.	27 p. = 0,73	0,75
Largeur intérieure, prise à la même hauteur.	19 p. = 0,51	0,54
Profondeur comptée sur la varme au-dessous de la tuyère.	7 p. $\frac{1}{4}$ = 0,21	0,20
Hauteur de la varme à l'angle de la haire.	6 p. = 0,16	16
Hauteur de la varme à l'angle du chio.	8 p = 0,22	0,22
Inclinaison de la varme vers l'intérieur du feu.	4 lig. = 0,009	0,00
Inclinaison du fond vers le contrevent, comptée sur la haire.	12 lig. = 0,027	0,022
Inclinaison du fond vers la face du chio, comptée sur la varme.	6 lig. = 0,013	0,011
Hauteur du contrevent à l'angle de la haire.	23 p. = 0,62	0,64
Hauteur de la haire à l'angle de la varme.	12 p. = 0,32	0,34
Distance du fond à la plaque du dessus du chio, prise à l'angle de la varme.	12 p. = 0,32	0,32
Avancement ou varmage de la tuyère.	2 p. $\frac{1}{2}$ = 0,067	0,070
Inclinaison sur son avancement.	3 lig. $\frac{1}{2}$ = 0,008 = 7° $\frac{1}{4}$	0,008 = 6° $\frac{2}{3}$
Dimensions de l'œil de la tuyère.	18 l. sur 12, ou 0,04 sur 0.027	0,04 sur 0,027
Distance du centre de l'œil de la tuyère à la haire.	10 p. = 0,27	0,27
Distance du centre de l'œil de la tuyère à la face du chio.	17 p. = 0,46	0,48
Diamètre de l'œil de chacune des deux buses.	11 lig. = 0,025	0,025
Distance de l'extrémité des buses à l'œil de la tuyère.	2 p. $\frac{1}{2}$ = 0,067	0,070
Distance du fond au premier trou du chio.	6 p. = 0,16	0,16
Diamètre de l'orifice du premier trou du chio.	1 p. = 0,027	0,027
Distance de son centre à la varme.	5 p. $\frac{1}{2}$ = 0,15	0,14
Distance du fond au deuxième trou du chio.	7 p. $\frac{1}{4}$ = 0,19	0,19
Diamètre de l'orifice du deuxième trou du chio.	1 p. = 0,027	0,027
Distance de son centre à la varme.	6 p. $\frac{1}{4}$ = 0,18	0,17

Feu d'affinerie co

DIMENSIONS ET DISPOSITIONS PRINCIPALES.
Longueur intérieure du feu, prise au niveau du dessus de la face du chio.
Largeur intérieure, prise à la même hauteur.
Profondeur comptée sur la varme au-dessous des tuyères.
Hauteur de la varme à l'angle de la haire.
Hauteur de la varme à l'angle du chio.
Inclinaison de la varme vers l'intérieur du feu.
Inclinaison du fond vers le contrevent, comptée sur la haire.
Inclinaison du fond vers le chio, comptée sur la varme.
Différence de niveau entre les extrémités du dessus de la varme au chio et à la haire
Hauteur du contrevent à l'angle de la haire.
Hauteur de la haire à l'angle de la varme.
Distance du fond à la plaque du dessus du chio, prise à l'angle de la varme.
Avancement ou varmage de la tuyère de derrière dans le feu.
Inclinaison sur son avancement.
Dimensions de l'œil de chaque tuyère.
Distance du centre de l'œil de la tuyère de derrière à la haire.
Avancement ou varmage de la tuyère de devant.
Inclinaison sur son avancement.
Distance du centre de son œil au chio.
Distance des centres des deux œils des tuyères.
Distance du milieu de la ligne réunissant les deux centres des tuyères à la haire.
Idem. . . . . au chio.
Diamètre de l'œil de chaque buse
Distance de l'extrémité de la buse à l'œil de la tuyère de derrière.
Distance de l'extrémité de la buse à l'œil de la tuyère de devant.
Distance du fond au premier trou du chio.
Diamètre de l'orifice du premier trou du chio.
Distance de son centre à la varme.
Distance du fond au deuxième trou du chio
Diamètre de l'orifice du deuxième trou du chio.
Distance de son centre à la varme.

Digitized by Google

…ur tuyères.

…RAMBOS.	LA CHAUDEAU.	FRELAN.	ALANGIS.	AUDINCOURT.	MAIZIÈRES.
= 0,70	070	0,70	0,70	0,78	0,70
= 0,49	0,51	0,54	0,47	0,54	0,51
= 0,20	0,19	0,22	0,20	0,20	0,19
= 0,16	0,17	0,16	0,14	0,15	0,16
= 0,23	0,22	0,21	0,23	0,22	0,24
= 0,009	0,000	0,004	0,006	0,011	0,013
= 0,018	0,013	0,015	0,018	0,027	0,013
= 0,009	0,007	0,011	0,012	0,013	0,007
= 0,054	0,060	0,072	0,054	0,066	0,081
= 0,65	0,61	0,60	0,62	0,60	0,65
= 0,35	0,32	0,32	0,32	0,32	0,35
= 0,32	0,30	0,30	0,32	0,30	0,32
= 0,088	0,081	0,084	0,080	0,080	0,088
…0,016 = 10°	0,014 = 10°	0,018 = 9°	0,11 = 8° ¼	0,014 = 10°	0,011 = 7° ⅓
… sur 11 ou … sur 0,025	0,027 sur 0,023	0,026 sur 0,022	0,024 sur 0,022	0,027 sur 0,025	0,026 sur 0,022
= 0,24	0,23	0,24	0,25	0,26	0,26
= 0,081	0,074	0,078	0,074	0,072	0,088
…0,013 = 9° ¼	0,011 = 9° ¼	0,01 = 8° ½	0,009 = 8°	0,01 = 8° ⅓	0,011 = 7° ⅓
= 0,36	0,36	0,36	0,34	0,42	0,33
= 0,10	0,11	0,10	0,11	0,10	0,11
= 0,29	0,28	0,29	0,30	0,31	0,31
= 0,41	0,42	0,41	0,40	0,47	0,29
= 0,027	0,027	0,025	0,026	0,025	0,025
= 0,088	0,081	0,084	0,080	0,080	0,088
= 0,081	0,074	0,078	0,074	0,072	0,088
= 0,16	0,17	0,16	0,16	0,17	0,16
= 0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027
= 0,13	0,14	0,14	0,13	0,14	0,13
= 0,19	0,20	0,19	0,19	0,20	0,19
= 0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027
= 0,17	0,17	0,18	0,16	0,17	0,16

Digitized by Google

Machines soufflantes.

Tous les feux d'affinerie comtois reçoivent l'air de soufflets à piston à simple ou à double effet, consistant en caisses en bois carrées ou rectangulaires, dans lesquelles se meut un piston en bois garni de liteaux en bois, qui sont pressés par des ressorts en acier contre les parois de la caisse. Le volume d'air lancé par minute, à l'époque de l'affinage qui exige le maximum du vent, varie de $4^{m^3},60$ à cinq mètres cubes, et sa pression manométrique moyenne, près des buses, est de 3,5 centimètres de mercure. Ainsi, à Frelan, le régulateur à piston, dont la surface est de $1^{m^2},22$, est chargé d'un poids de 550^k qui correspond à $0^k\,045$ par centimètre carré, et en supposant que le frottement du piston compense la diminution de pression à la buse, on aurait pour celle-ci 3,3 centimètres de mercure; à la Branleure, le régulateur à piston, dont la surface est de $1,^{m^2}92$, supporte un poids de $1,000^k$ qui correspond à $0^k,052$ par centimètre carré, et donnerait à la buse, dans la supposition que nous venons de faire, une pression de 3,8 centimètres de mercure; A Audincourt, quand les feux d'affinerie étaient soufflés à l'air froid, les oscillations du mercure, dans le manomètre placé près des buses, étaient comprises entre 3 et 4 centimètres. En admettant que la pression manométrique moyenne soit effectivement de 3,5 centimètres de mercure, on déduit de la formule :

$$Q = 289\,d^2\sqrt{\frac{h(1+0,004\,t)}{b+h}}$$

dans laquelle

Q représente le volume d'air lancé par seconde, à la température t et à la pression $b+h$,

Digitized by Google

h, la hauteur du manomètre à la buse, $=0,035$.

t, la température moyenne, $=12$ degrés,

d, le diamètre de l'œil de la buse $=0,025$, et comme il y a deux buses, d^2 doit être remplacé dans la formule par $2\times0,025^2=0,00135$,

d'où $\qquad Q=0^{m3},0756$

et par minute,

$$Q=4^{m3},54.$$

Portant ce volume à la pression atmosphérique, en le multipliant par : $\frac{0,785}{0,75}$, on a :

$$Q=4^{m3},75.$$

Si on calcule le volume d'air lancé d'après celui qui est engendré par le mouvement des pistons des machines soufflantes, en ayant soin de le réduire de $\frac{40}{100}$ pour compenser la réaction de l'air qui reste dans les caisses, le poids des soupapes, l'étranglement de leurs ouvertures et les pertes d'air, on parvient à des résultats peu différents du précédent, comme le prouve le tableau suivant, qui donne $4^{m3},78$ pour la moyenne de l'air lancé à la pression atmosphérique par neuf machines soufflantes, lors du maximum du vent :

Digitized by Google

NOM et consistance de l'usine.	Surface du piston de chacune des deux caisses.	Levée des pistons.	Nombre de foulées par minute.	Volume engendré par le mouvement des pistons.	Volume réduit de 4/10.	Volume lancé à la pression atmosphérique dans chaque feu, lorsqu'il reçoit le maximum du vent.
	m².	m.		m3.	m3.	m3.
Lœuilley (1 feu).	1,44	0,46	6	7,95	4,77	4,77
Magnoncourt (1 feu).	0,94	0,55	8	8,27	4,96	4,96
Maizières (2 feux).	1,82	0,73	12	15,94	9,56	4,78
Moulin Bardot (1 feu).	2,00	0,32	6	7,68	4,61	4,61
Frelan (2 feux).	1,39	0,46	12	15,34	9,20	4,60
Pont-du-Bois (2 feux).	1,54	0,43	12	15,90	9,54	4,77
Alangis (2 feux).	2,70	0,44	7	16,63	9,98	4,99
La Branleure (3 feux).	1,82	0,51	13	24,32	14,59	4,86
La Chandeau (4 feux).	1,96	0,57	14	31,28	18,76	4,69

Les machines soufflantes des feux d'affinerie comtois sont mues généralement par des roues hydrauliques assez bien construites. Ce sont des roues à augets d'un petit diamètre, qui marchent avec une vitesse de $1^{m},50$ à 2^{m} par seconde, à leur circonférence extérieure, et dont les augets sont toujours remplis au delà de la moitié de leur capacité. On peut admettre en conséquence, pour l'effet utile qu'elles transmettent, 0,50 de la

force dynamique du cours d'eau qui les fait mouvoir ; et, dans cette hypothèse, les machines soufflantes recevraient du moteur une force de 2,5 chevaux-vapeur environ par chaque feu, puisqu'il résulte des cinq exemples suivants que leurs roues hydrauliques consomment, en moyenne, une quantité de travail absolu égale à cinq chevaux-vapeur. En effet :

1° A Maizières, quand la machine soufflante fournit de l'air aux deux feux d'affinerie, la vanne, dont la largeur L est de $1^m,00$, est levée de $0^m,09$, son seuil supportant une charge d'eau H de $0^m,90$, et la chute totale C étant de $3^m,56$, de sorte qu'en représentant par $h=0^m,81$ la hauteur d'eau au-dessus du bord supérieur de l'ouverture de la vanne, on déduit de la formule :

$$Q=1,87L(H\sqrt{H}-h\sqrt{h})$$

dans laquelle Q est le volume d'eau que la roue reçoit par seconde,

$$Q=0^{m^3},224.$$

En représentant son poids par P, on aura

$$P=224^k;$$

par conséquent, le travail absolu ou la force du cours d'eau sera égal à

$$P.C = 797^{k.m.}$$

et pour avoir le nombre N de chevaux-vapeur de 75^k qui lui correspond, il faut diviser ce résultat par 75, ce qui donne

$$N=10,6.$$

Ainsi, l'effet utile transmis est de $5^{ch},30$ pour les deux feux, ou de $2^{ch},66$ pour chaque feu.

2° A Alangis, on a pour la roue hydraulique

Digitized by Google

qui fait mouvoir les deux caisses à piston des deux feux d'affinerie :

$$L = 1^{m},20$$
$$H = 1^{m},00$$
$$h = 1^{m},94$$
$$C = 3^{m},60$$

d'où

$$Q = 0^{m3},20$$
$$P = 200^{k.}$$
$$P.C = 720^{km.}$$
$$N = 9^{ch},6$$

Par conséquent, l'effet utile transmis à la machine soufflante est de $4^{ch},80$, ou de $2^{ch},40$ par feu.

3° A Pont-du-Bois, les deux feux d'affinerie reçoivent l'air de deux caisses à piston, et on a pour leur roue hydraulique :

$$L = 1^{m},62$$
$$H = 1^{m},00$$
$$h = 0^{m},955$$
$$C = 4^{m},56$$

d'où

$$Q = 0^{m3},21$$
$$P = 210^{k.}$$
$$P.C = 747^{km.}$$
$$N = 9^{ch},96$$

Ainsi, la quantité de travail transmise par le moteur à la machine soufflante est de $4^{ch},98$, ou de $2^{ch},49$ pour chaque feu.

4° A Magnoncourt, on a les données suivantes pour la roue hydraulique qui fait mouvoir les deux caisses à piston à double effet du feu d'affinerie :

$$L = 0^{m},76$$
$$H = 0^{m},32$$
$$h = 0^{m},22$$
$$C = 5^{m},25$$

d'où

$$Q = 0^{m3},111$$
$$P = 111^{k}$$
$$P.C. = 360^{km}$$
$$N = 4^{ch},81$$

Par conséquent, la machine soufflante reçoit une force réelle de $2^{ch},40$.

5° à la Chaudeau, quand la machine soufflante fournit de l'air aux quatre feux d'affinerie, la roue hydraulique qui la fait mouvoir, reçoit du cours d'eau une quantité de travail absolue déterminée par :

$$L = 1^{m},40$$
$$H = 1^{m},00$$
$$h = 0^{m},92$$
$$C = 4^{m},10$$

d'où

$$Q = 0^{m3},314$$
$$P = 314^{k}$$
$$P.C = 1287^{km}$$
$$N = 17^{ch},16$$

l'effet utile transmis par le moteur est donc de $8^{ch},58$ pour les quatre feux, ou de $2^{ch},14$ pour chaque feu (1).

(1) On arrive à des résultats peu différents de ceux que nous venons d'obtenir, pour la force réelle exigée par les machines soufflantes des feux d'affinerie comtois, au moyen de la formule usuelle :

$$E = 8\,Q\,(C - 0,6\,H).$$

donnée par M. d'Aubuisson, pour l'expression de l'effet utile des roues à augets ayant sur leur sommet une hau-

Digitized by Google

Marteaux. Les marteaux employés pour cingler la loupe et forger le fer provenant des feux d'affinerie comtois, sont maintenus dans un *ordon* en bois ou en fonte. L'arbre de leur roue hydraulique porte un collier armé de cames qui les lèvent près de leur tête, ou agissent à l'extrémité de leur manche. Les marteaux soulevés près de leur tête, sont dits à soulèvement; ils pèsent 320 à 360 kilogrammes, et battent 120 à 130 coups par minute; les autres, qui sont appelés marteaux à bascule, pèsent 280 à 300 kilogrammes, et donnent 140 à 150 coups par minute. Un seul marteau dessert ordinairement deux feux. Les roues hydrauliques qui les font mouvoir, sont tantôt des roues à palettes contenues dans un coursier courbe, et tantôt des roues à augets. Ces différentes roues devant faire vingt-cinq à trente tours par minute, attendu qu'on n'emploie pas d'engrenages à cause des fortes secousses qu'occasionne le soulèvement du marteau, on ne peut leur faire prendre une aussi grande vitesse qu'en leur donnant beaucoup d'eau; et, comme le fluide agit alors plutôt par son choc que par son poids, il en résulte une perte considérable dans la quantité de travail absolu du cours d'eau, tant à cause du choc de l'eau, qu'à cause du défaut d'action d'une partie de sa masse. On ne peut donc admettre pour l'effet utile transmis

---

teur d'eau H (Traité d'hydraulique, page 410); car on déduit de cette formule :

		ch.
1° pour Maizières. . .	E=	5,41
2° pour Alangis. . . .	E=	4,80
3° pour Pont-du-Bois.	E=	4,97
4° pour Magnoncourt.	E=	2,66
5° pour la Chaudeau. .	E=	8,79

Digitized by Google

aux marteaux, que les $\frac{33}{100}$ de la force dynamique du cours d'eau. Dans cette supposition, la force motrice des marteaux des forges comtoises serait de 8 à 10 chevaux-vapeur, la quantité de travail absolu des cours d'eau qui les mettent en jeu étant de 24 à 30 chevaux, ainsi qu'il résulte des exemples suivants :

1° à Maizière, le marteau des deux feux d'affinerie, qui pèse 350 kilogrammes, est mû par une roue à augets pour laquelle on a, d'après les notations adoptées ci-dessus :

$$L = 1^m,46$$
$$H = 1^m,16$$
$$h = 0^m,12$$
$$C = 3^m,56$$

d'où

$$Q = 0^{m3},519$$
$$P = 0,519$$
$$P.C = 1848^{km}$$
$$N = 24^{ch},63$$

En multipliant N par 0,33, on aura $8^{ch},13$ pour l'effet utile transmis au marteau.

2° A Alangis, le marteau des deux feux d'affinerie, dont le poids est de 300 , est mû par une roue à augets pour laquelle on a :

$$L = 1^m,50$$
$$H = 1\ ,00$$
$$h = 0^m,85$$
$$C = 3^m,60$$

d'où

$$Q = 0^{m3},594$$
$$P = 594^k$$
$$P.C = 2138^{km}$$
$$N = 28\ ,50$$

Par conséquent l'effet utile $N \times 0,33 = 9^{ch},41$.

Digitized by Google

3° A Pont-du-Bois, le marteau des deux feux d'affinerie, qui pèse 290^k, est mû par une roue à augets pour laquelle on a :

$$L = 1^m,62$$
$$H = 1^m,00$$
$$h = 0^m,87$$
$$C = 3^m,56$$

d'où

$$Q = 0^{m3},575$$
$$P = 575^k$$
$$P.C = 2047^{km}$$
$$N = 27^{ch},3$$

Ainsi l'effet transmis au marteau $N \times 0,33 = 9$ chevaux.

4° A la Chaudeau, les deux marteaux qui desservent les quatre feux d'affinerie, pèsent chacun 320 kil., et on a pour leurs roues à augets :

$$L = 1^m,40$$
$$H = 1^m,00$$
$$h = 0^m,87$$
$$C = 4^m,10$$

d'où

$$Q = 0^{m3},494$$
$$P = 494^k$$
$$P.C = 2025^{km}$$
$$N = 27^{ch}$$

Ainsi l'effet utile $N \times 0,33$, transmis à chaque martean, est de $8^{ch},91$

Ouvriers employés.

Un feu comtois est desservi par six ouvriers travaillant en deux postes, qui se relèvent après l'affinage de quatre loupes, lequel dure environ 8 heures. Les trois ouvriers dont se compose un poste, sont :

2 forgerons,
1 valet dit goujat.

Digitized by Google

L'un des quatre forgerons a le nom d'*affineur*, et monte le feu ; un autre qu'on nomme *marteleur*, soigne le marteau, mais le plus souvent le marteleur est en même temps affineur. Chacun d'eux reçoit ordinairement 10 fr. par mois en sus du prix de fabrication, réglé généralement aujourd'hui à forfait, à raison de 16 fr. par 1000 k. de gros fer, et de 18 fr. par 1000 k. de petit fer. Comme un feu comtois produit communément par mois 18,000 k. de gros fer ou 16,000 k. de fer en petits échantillons, l'affineur et le marteleur gagnent par mois 80 à 85 fr., et les deux autres forgerons, 70 à 75 fr. Quant aux goujats, ils sont payés au mois, et gagnent 18 à 20 fr.

Les deux forgerons de service font une loupe tour à tour, et forgent toujours le fer qu'ils ont obtenu. Leur fer est séparé et pesé à part, non-seulement afin qu'on puisse payer chacun à raison de la quantité de fer qu'il a fabriquée, mais encore pour qu'en cas de vice dans la fabrication, on puisse savoir quel est l'ouvrier qui doit recevoir des reproches ou subir une retenue. Ainsi, l'un des forgerons conduit l'affinage, tandis que l'autre cingle la loupe de l'opération précédente, et forge le fer en provenant.

Les fonctions du goujat consistent : à apporter près du feu le charbon qu'un manœuvre appelé *releveur de charbon*, a transporté de la halle sur une brouette, dans de grandes corbeilles dites *rasses*, et a déposé à peu de distance du feu ; à avancer et à reculer la gueuse ; à lever et à baisser la pale de la roue du marteau ; enfin à ramasser les scories et battitures qui tombent autour de l'enclume du marteau, et qu'on nomme *embrecelats*, pour les porter dans l'auge remplie d'eau

Digitized by Google

où le forgeron plonge ses ringards et de laquelle il les retire avec une pelle, quand il en a besoin pour l'affinage. Les deux goujats se relèvent de 12 en 12 heures, et quand il y a deux feux dans une même forge, on supprime un goujat par feu, de sorte que le service se fait alors par deux goujats au lieu de quatre.

D'après le taux des différents salaires des forgerons et des goujats, et celui du releveur de charbon, qui est ordinairement de 30 fr. par mois, la main d'œuvre, pour la fabricatiou du fer dans les feux d'affinerie comtois, coûte 20 à 21 fr. par 1000 kilogrammes de gros fer, et 22 à 23 fr. par 1000 kilogrammes de fer en petits échantillons, ainsi qu'il résulte des détails qui suivent :

	Par mille kilog. de gros fer, fr.	Par mille kilog. de petit fer. fr.
Aux quatre forgerons.	16,00	18,00
A l'affineur.	0,55	0,62
Au marteleur. . . .	0,55	0,62
Aux deux goujats. .	2,20	2,50
Au releveur de charbon pour deux feux.	0,83	0,93
	20,13	22,67

Conduite de l'opération.

Dès que la loupe est sortie du feu, on met *avant*, c'est-à-dire que l'on avance dans le feu la gueuse placée sur un rouleau, après avoir relevé la sorne ou scorie riche détachée de la loupe, qui pouvait se trouver sur le fond, et avoir bien garni celui-ci de fraisil ou menu charbon. La gueuse doit être disposée de manière qu'il n'y ait qu'un espace de 3 à 4 centimètres entre elle et le contrevent, afin de favoriser autant qu'il est possible l'action du vent sur la fonte, en lui permettant cependant de s'élever dans le dessus du feu ; il faut en outre que le dessous de la gueuse se trouve à 10 ou 12

Digitized by Google

centimètres au-dessus de la nappe formée par le vent, et que son extrémité ne dépasse pas, de plus de 6 centimètres, l'axe de la tuyère de devant. Dans cette position, la fonte fond goutte par goutte, ce qui est nécessaire pour le succès de l'opération; car si on faisait fondre la gueuse par écailles, comme dans le traitement des fontes truitées, en l'exposant plus directement à l'action du vent, l'affinage serait plus long et plus difficile. C'est seulement quand la fonte est noire et graphiteuse, qu'on place la gueuse au milieu du feu pour la faire fondre plus facilement; mais on ne le fait qu'après le chauffage des pièces de fer à forger.

Avant de remplir le foyer de charbon, on a soin de placer sur la gueuse, du côté du contrevent, des morceaux de *sorne* ou scorie endurcie restés dans le feu, ou pris au dehors en cas d'insuffisance, et on les entremêle d'un peu d'*embrecelats* ou scories riches ramassées autour de l'enclume. Ces scories, qui fondent promptement, sont destinées à former le lit de sorne sur lequel doit reposer la matière ferreuse provenant de la fusion de la gueuse pendant toute la durée de cette fusion, ainsi que le bain de scories pauvres qui doit la recouvrir pour la préserver de l'action du vent. En outre, quand le foyer a été rempli de charbon, on met par-dessus une pelletée ou deux d'*embrecelats*, dans le but que nous venons d'indiquer, et on en règle la quantité de manière à ne conserver que la portion de scories riches nécessaire pour l'affinage, car un feu comtois qui roule bien doit consommer toutes les scories riches qu'il produit (1).

---

(1) Dans aucune usine, on ne tire parti des scories pau-

On frappe la loupe à coups de masse aux deux points opposés qui doivent former les extrémités du massiau principal, et on la laisse refroidir pendant quelques minutes, pour qu'elle ne se désunisse pas sous le marteau; on la cingle, et ensuite on la coupe avec le *hacheron* en deux massiaux égaux qui ont 30 à 35 centimètres de côté en carré. L'un de ces massiaux ou bouts de pièce est placé dans le feu entre la gueuse et les tuyères, de manière que son extrémité plonge dans le bain de scories qui recouvre la matière ferreuse, sans atteindre celle-ci, dont le contact produirait une

---

vres fournies par le chio des feux d'affinerie comtois, si ce n'est à Audincourt où le haut-fourneau en reçoit 1/18 seulement du poids de la charge en minerais. Cependant ces scories contiennent plus de fer métallique que les minerais les plus riches de la contrée, puisque leur teneur en protoxyde de fer s'élève à 60 p. 0/0 au moins, correspondant à 46 p. 0/0 de fer métallique, et elles ne renferment aucune substance capable d'altérer la bonne qualité des produits, quand les fontes soumises à l'affinage ont été obtenues uniquement avec des minerais en grains, exempts ordinairement d'acide phosphorique. Comme elles sont accompagnées de particules de fer qui pourraient occasionner des engorgements dans les hauts-fourneaux, si on faisait entrer une forte proportion de scories dans le lit de fusion, il faudrait les en séparer par le bocardage et le lavage, pour les porter dans les feux d'affinerie à la fin de l'affinage; puis on ferait des briquettes avec la partie restante, avec du charbon en poudre, de la chaux et une petite quantité de poussière de minerai de fer alumineux, ainsi que le sont tous les minerais en grains un peu riches. Ces briquettes, portées dans les hauts-fourneaux en même temps que les minerais, auraient une composition telle que le protoxyde de fer se réduirait complétement sans être englobé par les matières terreuses lors de leur fusion, et que la silice qui l'accompagne se combinerait avec la chaux et l'alumine pour augmenter la masse des laitiers.

Digitized by Google

cémentation qui rendrait le fer cassant. L'autre massiau est posé sur les tuyères et recouvert de charbon, pour rester dans cette position jusqu'à ce que le premier massiau soit converti en *maquette*. Le chauffage de ce premier massiau, que le forgeron retourne de temps en temps dans le bain de scories pour le chauffer également sur toutes ses faces, exige 15 minutes environ, et dès qu'il est hors du feu, on le remplace par le deuxième massiau placé sur les tuyères. On forge le premier massiau sur la moitié de sa longueur en une barre de fer de l'échantillon qu'on veut avoir, et qui se termine par un bout de dimensions un peu plus fortes, qu'on nomme *bordon* ou bout de barre. Ce premier forgeage du massiau est appelé la mise en *maquette*, et on donne à sa partie non forgée le nom de tête de maquette. Quand la mise en maquette est achevée, on plonge dans une auge remplie d'eau la barre et le bout de barre, jusqu'à ce qu'ils soient assez refroidis pour qu'on puisse les saisir. Alors on introduit la tête de maquette dans le feu en l'appuyant sur les tuyères. Le deuxième massiau ayant atteint la température du blanc soudant, ce qui a lieu après une chauffe, au milieu du feu, de dix minutes environ, on le remplace par la tête de maquette du premier massiau; et quand il a été converti à son tour en barre, bout de barre et tête de maquette, on fait refroidir dans l'eau la partie forgée, et on place la deuxième tête de maquette au-dessus des tuyères, jusqu'à ce qu'on ait retiré du feu la tête de maquette du premier massiau. Celle-ci, après quinze minutes environ d'une chaude suante, est passée au marteau et forgée en barre et bout de barre. On place ensuite le bout de barre dans le feu, à côté de la tête de

maquette du deuxième massiau, qui, après une chaude de quinze minutes environ, est étirée de même en barre et bout de barre. Ces différents forgeages terminés, il ne reste plus à forger que les quatre bouts de barre dont le chauffage exige vingt minutes environ, de sorte qu'il faut une heure et demie au plus pour chauffer toutes les pièces destinées au forgeage.

Pendant cette première partie de l'opération, le forgeron chargé de la conduite de l'affinage, n'a autre chose à faire que régler le vent au moyen d'un registre placé au-dessus des buses; entretenir le feu de charbon, de manière à ce qu'il forme toujours bien la voûte, sans se crever, suivant l'expression des ouvriers; déboucher l'un des deux trous du chio, pour donner écoulement aux scories surabondantes, savoir : le trou inférieur, quand les scories entrent facilement en fusion, et le trou supérieur, quand il a fallu plus de temps pour les mettre en liquéfaction; placer sur le feu de l'embrecelat, pour remplacer les scories pauvres qui se sont écoulées par le chio; commander au goujat d'avancer la gueuse dans le feu toutes les fois que cela est nécessaire; projeter dans le feu soit un peu de quartz, soit un peu d'argile, si les scories ne sont pas assez abondantes ou suffisamment liquides, sonder le feu de temps en temps avec un ringard, pour reconnaître la nature des scories et celle de la matière ferreuse; enfin, arroser le devant du feu, pour se garantir d'une trop grande chaleur, et pour empêcher que le fraisil ne soit emporté par le vent.

Aussitôt que la dernière pièce à forger est retirée du feu, le forgeron fait reculer la gueuse par le goujat, de manière à l'empêcher de fondre,

Digitized by Google

et alors commence la seconde partie de l'affinage qu'on nomme le *travail*, parce qu'elle est réellement pénible pour le forgeron. Son premier soin est de ramener au-dessus de la masse ferreuse les sornes ou scories endurcies qui se trouvent entre elle et le fond du foyer : à cet effet, il les soulève avec le ringard, en les plaçant dans les angles et le long du bord de la plaque du chio; puis il les tire sur cette plaque avec le crochet en fer, dit *coisse*, et il en sépare les parties ferreuses qui y sont adhérentes pour les reporter vers le feu. Cette première manœuvre, qui se nomme le *désornage* de la pièce, dure cinq minutes environ.

Après le désornage, le forgeron procède au soulèvement proprement dit, qui consiste à soulever avec le ringard la masse ferreuse au-dessus du niveau des tuyères, pour en exposer les différentes parties à l'action décarburante du vent, opération qui dure vingt minutes environ. Lorsque le fer à demi affiné est redescendu sur la plaque du fond, sur lequel il repose immédiatement depuis le désornage, le forgeron le perce avec son ringard pour reconnaître quelles sont les parties qui ont encore besoin d'être exposées au vent. Celles qui n'adhèrent que faiblement au ringard, doivent être soumises de nouveau à l'action décarburante de l'air, tandis que les parties ferreuses qui s'y attachent fortement, et dont il ne peut dégager le ringard qu'en frappant dessus avec son marteau, doivent être abritées du vent et placées, à cet effet, soit contre la haire, soit vers le contrevent. L'introduction du ringard dans la masse ferreuse, l'exposition au vent des parties ferreuses incomplétement affinées et la mise à l'écart de celles qui sont privées du carbone et des autres substances

Digitized by Google

qui accompagnaient la fonte, telles que le manganèse, le chrôme et le silicium, n'exigent que cinq minutes, de sorte que la durée totale du travail ou soulèvement est d'environ trente minutes. Le forgeron, du reste, favorise l'épuration du métal, en jetant, à plusieurs reprises, dans le feu, de l'embrecelat et les dés, dits *sifflets*, qui s'étaient attachés au ringard. L'embrecelat contribue surtout à la décarburation complète de la fonte par l'oxygène du protoxyde de fer qu'il renferme. Le feu est peu garni de charbon, pendant cette seconde partie de l'affinage ; la masse ferreuse est presque toujours à découvert, et le vent, qui est lancé avec toute son intensité, forme à la surface du foyer des gerbes brillantes, composées de parcelles de scories en fusion et de charbon incandescent.

L'affinage se termine par l'avalage, opération qui consiste à réunir avec le ringard toutes les parties ferreuses, et à en former une boule au centre du foyer. A cet effet, après avoir diminué le volume du vent, le forgeron écarte avec le ringard les sornes et le fraisil qui peuvent gêner l'agglomération des parties ferreuses ; puis il forme la loupe, en les réunissant successivement à un noyau situé vers le milieu de la plaque du fond, et en ayant soin que le vent ne l'atteigne pas. L'écartement des sornes et du fraisil, et la mise en loupe des parties ferreuses exigent 15 à 18 minutes. On achève l'opération, en jetant sur le dessus de la loupe une pelletée d'embrecelats, dans le but de la refroidir et de lui faire prendre une consistance convenable pour la sortir du feu. Cela fait, 20 minutes environ se sont écoulées depuis le commencement de l'avalage, et les deux forgerons retirent

Digitized by Google

la loupe, d'abord en la soulevant avec des ringards, puis en la tirant avec des crochets sur la plaque du chio.

Pour simplifier la description de l'affinage, nous n'avons parlé que très-brièvement de la conduite du vent qui est des plus importantes. Le tableau suivant indique ses variations aux différentes époques de l'opération, son volume maximum étant représenté par 100, et il fait voir que la quantité d'air, lancée en moyenne, est égale aux $\frac{65}{100}$ du volume maximum.

INDICATION DE L'ÉPOQUE DE L'OPÉRATION.		Volume d'air lancé, le volume maximum étant représenté par 100.	Durée de l'action du volume d'air lancé.	
			minutes.	
Fusion de la fonte et chauffage du fer.	En commençant l'opération. . . .	40	10	85
	Pour le chauffage et la mise en maquette des deux massiaux.	45	25	
	Pendant le forgeage de la tête de maquette du premier massiau. . .	50	15	
	Pendant le forgeage de la tête de maquette du deuxième massiau. .	60	15	
	Pour le chauffage des bouts de barres à forger.	75	20	
Soulèvement.	Pendant le désornage.	75	5	30
	Pendant le soulèvement, dit travail.	100	25	
Avalage.	Pendant l'avalage proprement dit.	75	10	20
	Pendant la formation de la loupe.	60	7	
	Quand on jette l'embrecelât sur la loupe.	40	3	
	Moyenne. . . .	65	Tot. 135	

Consommations. La loupe, obtenue en 2 heures $\frac{1}{4}$, donne ordinairement, par le cinglage, 80 à 85 kilogrammes de fer en massiaux, et par le forgeage, 65 à 70 kilogrammes de fer en barres, le déchet qu'occasionne le forgeage variant de 15 à 18 p. 0/0, selon les dimensions des barres fabriquées. La consommation en fonte varie de 92 à 96 kilogrammes par loupe, ou de 1330 à 1370 par mille kilogrammes de fer obtenu. Quant à celle en charbon, elle dépend de la qualité du combustible et des dimensions du fer fabriqué, le fer à forger en petits échantillons devant être chauffé plus long-temps que celui à convertir en pièces de fortes dimensions. Les charbons dont l'emploi est le plus avantageux, sont ceux d'essences dures, telles que le hêtre, le charme et le chêne; on préfère les charbons de hêtre et de charme au charbon de chêne et surtout aux charbons de bois blanc, qui donnent peut-être du fer un peu plus doux, mais dont on consomme 15 à 20 p. 0/0 de plus; et d'ailleurs, les bois blancs rendent moins de charbon par la carbonisation. Dans la majeure partie des forges comtoises, 100 de charbon se composent de 50 hêtre, 15 chêne, 10 charme, 7 tremble, 7 bouleau, 6 vergne et 5 sapin ou aune. On consomme dans les nouveaux feux couverts 4 $\frac{1}{2}$ à 5 rasses de ce charbon de 2,5 pieds cubes = 0^{m^3},085 l'une, pour faire la loupe. ou 6^{m^3},80 à 7^{m^3},20, ou, en moyenne, 7^{m^3},00 par mille kilogrammes de fer de dimensions assorties. Sur cette consommation de combustible, $\frac{3}{4}$ environ sont employés pour la fusion de la fonte et le chauffage du fer à forger, et $\frac{1}{4}$ seulement pour le soulèvement et l'avalage.

Digitized by Google

Modifications des dispositions ordinaires pour l'affinage des fontes autres que les fontes grises.

Plusieurs métallurgistes distingués, et notamment Karsten, dans son Manuel de la métallurgie du fer, admettent comme règle générale : 1° que les feux d'affinerie sont moins profonds pour l'affinage des fontes noires, que pour le traitement des fontes blanches ; 2° que le vent est plus plongeant pour les fontes blanches que pour les fontes noires. Le premier de ces principes est en opposition avec ce qui se passe dans les nombreuses usines, dont nous avons suivi le travail avec soin ; le second est sujet à des exceptions.

D'abord, pour ce qui concerne la profondeur du feu, comme on la prend toujours, quel que soit le plongement du vent, au-dessous de l'œil des tuyères, il est constant que, considérés ainsi, les feux sont plus profonds pour les fontes noires que pour les fontes blanches : en effet la fonte, qu'elle soit facile à fondre ou non, se décarbure principalement dans le trajet que font les gouttes métalliques en se rendant de la gueuse au fond du creuset ; or ce trajet est d'autant plus grand que le feu est plus profond, et comme la fonte blanche se décarbure plus facilement que la fonte noire, par suite de l'extrême division du carbone qui s'y trouve combiné avec le fer, tandis qu'il est en majeure partie à l'état de paillettes plus ou moins grandes dans les fontes noires, il s'ensuit que le succès de l'affinage exige que la profondeur du feu, comptée au-dessous de l'œil des tuyères, soit plus grande pour les fontes noires que pour les fontes blanches.

En second lieu, relativement au plongement du vent, il faut remarquer qu'il y a une inclinaison déterminée et unique qui donne le maximum de température dans la partie supérieure du feu, et que c'est cette inclinaison qu'on adopte

Digitized by Google

pour le traitement des fontes noires qui, on le sait, sont beaucoup plus difficiles à fondre que les fontes grises, et surtout que les fontes blanches. Au-dessus, comme au-dessous du plongement qui correspond au maximum de température, une inclinaison donnée abaisse la température dans la région qu'occupe la gueuse : lorsqu'elle est moindre, parce que le vent qui se trouve rapproché du dessus du feu, agit sur une masse moins grande de combustible, se dépouille moins bien de son oxygène, et sort du feu en contenant une certaine proportion d'air atmosphérique non décomposé; et lorsque l'inclinaison est plus grande, parce que le vent qui agit alors sur le combustible de la partie inférieure du foyer, tant directement que par le réfléchissement qu'il éprouve au contrevent, y augmente la température, s'y dépouille de la majeure partie de son oxygène et devient incapable de développer beaucoup de chaleur lorsqu'il s'élève dans la partie supérieure du feu. De là il résulte que, pour le traitement des fontes blanches, truitées ou grises, qui fondent à une température moins élevée que les fontes noires, on peut à volonté donner aux tuyères une inclinaison plus grande ou plus petite que pour l'affinage de celles-ci. Aussi, dans certaines usines, on vous dit que le plongement du vent est moindre; et dans d'autres, qu'il est plus grand, parce que c'est la routine de l'affineur qui le détermine sans qu'il y ait de règle générale. Mais, dans tous les cas, le feu étant moins profond pour la fonte blanche que pour la fonte noire, le vent se trouve plus rapproché de la matière ferreuse, qui est plus disposée à se coaguler quand elle provient d'une fonte blanche, et qui, en conséquence, se maintient à l'état pâteux pendant tout le temps nécessaire à

Digitized by Google

l'oxydation complète du carbone et des autres substances qui l'accompagnent.

La manière de monter les feux d'affinerie champenois et bourguignons confirme pleinement ce que nous avançons au sujet du plongement du vent. En effet, nous dirons bientôt que l'inclinaison des tuyères est au plus de 3° $\frac{1}{2}$ dans les feux champenois où l'on affine ordinairement des fontes truitées, et qu'elle n'excède pas 2° $\frac{1}{2}$ dans les feux bourguignons où l'on traite des fontes tout à fait blanches.

Indépendamment des changements qu'éprouvent la profondeur du feu et l'inclinaison du vent, le traitement des fontes, autres que les fontes grises qui sont affinées habituellement dans les feux comtois, exige quelques autres modifications dans le montage du feu et dans la conduite de l'affinage, que nous allons faire connaître.

En premier lieu, pour l'affinage des fontes noires chargées de graphite, appelées fontes *limailleuses*, qui fondent plus difficilement que les fontes grises, mais qui, une fois en liquéfaction, se tiennent liquides plus longtemps, ce qui fait que le forgeron dit qu'elles sont *vives*, on fait les changements suivants : 1° on donne au vent l'inclinaison qui peut produire le maximum de température dans la partie supérieure du feu, c'est-à-dire 7 à 8 degrés; 2° on fait varmer les tuyères davantage, c'est-à-dire qu'on les avance dans le feu de 10 centimètres au lieu de 8 à 9, et on fait pencher la varme un peu plus qu'à l'ordinaire vers l'intérieur du feu, pour rapprocher le vent de la gueuse et par là faciliter sa fusion; 3° on place la tuyère de derrière plus près de la haire, de 3 à 4 centimètres, tant pour élever la température dans la partie postérieure du feu où se trouve la gueuse, que pour rendre plus facile le soulèvement de la masse fer-

Digitized by Google

reuse; 4° on augmente la profondeur du feu, qui est habituellement de $7^{p}\frac{1}{2} = 20$ centimètres pour les fontes grises, en la portant à $8^{p}\frac{1}{2} = 23$ centimètres, disposition de laquelle il résulte, d'une part, que le trajet des gouttes de fonte tombant de la gueuse, est plus grand; de l'autre, que la température se trouve abaissée dans la partie inférieure du foyer, ce qui facilite la coagulation de la matière ferreuse; 5° on augmente, s'il est possible, le volume du vent lancé pendant les différentes périodes de l'affinage, et principalement lors du soulèvement de la matière ferreuse; 6° on a soin de projeter dans le feu plus de scories riches, dans le but de favoriser, par l'oxygène qu'elles contiennent, la décarburation du métal; 7° enfin on expose davantage, et pendant plus longtemps, la masse ferreuse à l'action du vent, moyen plus efficace pour la décarburation que l'addition des scories riches, attendu que leur oxygène est forcé de vaincre la grande affinité qui l'unit au fer pour réagir sur le carbone du métal.

En second lieu, pour les fontes blanches et truitées qui fondent plus facilement que les fontes grises et noires, mais qui sont moins liquides dans leur état de liquéfaction et se figent plus promptement, toutes choses égales d'ailleurs, il importe de faire en sorte, d'une part, que leur fusion ne s'opère pas trop rapidement, auquel cas elles formeraient un *magma* dans le foyer, sans être décarburées sensiblement; de l'autre, que leur matière ferreuse ne se coagule pas trop vite, ce qui arrivant donnerait du fer incomplétement épuré. En conséquence, on adopte les dispositions suivantes : 1° on donne au vent une inclinaison moindre ou plus grande que celle de 7 à 8 degrés qui produit le maximum de température dans la ré-

Digitized by Google

gion occupée par la gueuse, c'est-à-dire qu'on la réduit à 3° ou 4°, ou qu'on la porte à 10° ou 11°, les inclinaisons de 6° à 7° ou de 8° à 10° étant celles généralement adoptées pour les fontes grises; au moyen de quoi, les fontes blanches ou truitées fondent, non pas goutte par goutte comme les fontes grises et noires, mais bien par petites écailles, ce qui est nécessaire pour que la fonte ne se décarbure pas trop dans son parcours de la gueuse au fond du foyer; 2° la varme est placée bien verticalement, et on fait avancer les tuyères dans le feu de 5 à 6 centimètres seulement, au lieu de 8 à 9, afin que la gueuse se trouve moins exposée à l'action du vent; 3° on rapproche la tuyère de devant du côté de la face du chio de 3 à 4 centimètres, à l'effet d'abaisser la température dans la partie postérieure du foyer où se trouve la gueuse; 4° on diminue la profondeur du feu, prise au-dessous de l'œil des tuyères, en la réduisant de $7^{p}\frac{1}{2}$ $=$ 20 centimètres à $6^{p}\frac{1}{2}$ $=$ 17 centimètres, dans le double but de rendre moins complète la décarburation de la fonte lorsqu'elle parvient au fond du foyer, et de maintenir la matière ferreuse à l'état pâteux pendant tout le temps nécessaire à sa complète épuration; 5° on incline le fond un peu moins vers le contrevent, pour que la masse ferreuse soit soumise à une température plus élevée dans le voisinage du contrevent, et que sa coagulation se trouve retardée; 6° on diminue un peu l'intensité du vent à toutes les époques de l'affinage; 7° on ajoute moins de scories riches, afin que la décarburation ait lieu avec toute la gradation convenable; 8° enfin on expose moins longtemps, lors du soulèvement, la matière ferreuse à l'action décarburante du vent.

Digitized by Google

CHAPITRE II.

MÉTHODE CHAMPENOISE.

Nature des fontes soumises à l'affinage.

Les fontes qu'on affine ordinairement par la méthode champenoise, sont truitées, à grains fins et serrés, ou à structure un peu rayonnée; et, comme c'est cette espèce de fonte qui donne les meilleurs fers, on cherche à l'obtenir dans les hauts-fourneaux. Néanmoins, ceux-ci donnent aussi des fontes noires et grises, lors de leur mise en train, quand les charges en charbon ne sont pas à leur portée de mine; et il leur arrive de produire des fontes blanches, lorsqu'ils éprouvent quelque dérangement dans leur allure, ou quand on augmente la charge en minerai (1).

Ces fontes sont obtenues, soit avec le minerai en oolithes miliaires, qui se trouve en couche dans la partie supérieure du terrain *néocomien*, soit avec le minerai en plaquettes géodiques situé en amas dans la partie inférieure du même terrain, minerai qu'on mélange toujours avec le premier; soit enfin avec le minerai du terrain diluvien formé par un mélange des deux minerais néocomiens : divers minerais qui rendent, par la fusion, 36 à 40 p. 0/0 de fonte.

(1) On obtient à volonté dans le petit fourneau de Louvemont près Vassy, des fontes blanches pour les fours à puddler, des fontes truitées pour les feux d'affinerie champenois, et des fontes grises pour la moulerie, en y portant, par chaque charge de charbon de 6 pieds cubes = 0m.3, 20 et dont le poids est de 39 kilogrammes environ, des poids peu différents de minerai oolithique néocomien, rendant 38 p. 0/0 de fonte, savoir : 75 kilogrammes de minerai pour la fonte blanche, 72 kilogr. pour la fonte truitée, et 70 kilogrammes pour la fonte grise.

Digitized by Google

Construction et dispositions des feux d'affinerie champenois.

Les feux de forge champenois sont construits avec cinq plaques de fonte, comme les feux comtois, et leurs dimensions, en longueur et largeur, sont à peu près les mêmes. Ils n'en diffèrent essentiellement qu'en ce que leur profondeur est moindre, et en ce que le vent est moins plongeant. Leur fond est aussi plus incliné tant vers le contrevent que vers le chio. Enfin la varme incline davantage dans l'intérieur du feu, et le contrevent, au lieu d'être placé verticalement ou même quelquefois avec une légère inclinaison en dehors, penche toujours en dedans, comme la varme, dispositions fondées, sans doute, sur ce que les feux champenois, recevant un volume d'air moindre que les feux comtois, ont besoin d'une plus grande concentration de chaleur. D'ailleurs la plaque de la haire et celle du chio sont toujours verticales, comme dans les feux comtois.

Le vent est fourni par une seule tuyère en cuivre, dans laquelle sont placées deux buses qui communiquent chacune avee un soufflet pyramidal en bois ou une caisse à piston; de sorte que l'air, au lieu d'arriver d'une manière continue par les deux buses, comme dans les feux comtois, est lancé alternativement par chaque buse. On regarde cette disposition comme indispensable pour un bon travail; mais il est évident qu'elle est vicieuse, d'abord en ce qu'elle augmente les pertes d'air, qui seraient moindres avec une seule conduite; et, en second lieu, parce que le volume d'air lancé n'est jamais constant, ce qui rend l'allure du feu irrégulière. En introduisant l'air d'une manière continue par les deux buses mises en communication avec un porte-vent unique, la fusion de la gueuse et le chauffage des pièces à forger se feraient

Digitized by Google

d'une manière toujours uniforme, et la qualité du fer ne pourrait être qu'améliorée par une allure plus régulière. Il serait même avantageux d'introduire l'air par deux tuyères, comme dans la plupart des feux comtois; car, par le chauffage sur une plus grande longueur des pièces de fer à forger, et par la décarburation plus prompte du métal lors du soulèvement, résultant de son exposition à une nappe d'air d'une plus grande largeur, l'opération serait nécessairement accélérée, et, par suite, la consommation du combustible se trouverait diminuée.

La direction des buses est telle que le vent de la buse de derrière frappe au contrevent, à 14 centimètres environ de la haire et à la même distance du fond, et que le vent de la buse de devant atteint le contrevent à 38 centimètres de la haire et à 16 centimètres du fond, de manière que les axes des deux jets d'air rencontrent le contrevent à une distance de 24 centimètres. L'axe de la tuyère est d'ailleurs plus rapproché de la haire que de la face du chio, comme dans les feux comtois; mais la différence des deux distances est un peu moindre.

Depuis la fin de 1838, tous les feux d'affinerie champenois de la Haute-Marne sont couverts d'une voûte destinée à empêcher la déperdition de la chaleur. Cette disposition a procuré une économie notable dans la consommation du combustible, que nous ferons connaître plus tard.

Le tableau suivant présente les dimensions et dispositions des feux d'affinerie champenois de quatre usines de la Haute-Marne, lesquels sont montés pour rouler en fontes truitées; quand on y traite d'autres fontes, on apporte à leur montage des modifications que nous indiquerons :

Digitized by Google

Feu d'affinerie champenois.

DIMENSIONS ET DISPOSITIONS PRINCIPALES.	CLOS-MORTIER.	FLEUREY.	NONCOURT.	MONTOT.
	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.
Longueur intérieure du feu, prise au niveau du dessus de la face du chio.	26 p. = 0,70	0,64	0,63	0,64
Largeur intérieure, prise à la même hauteur.	20 p. = 0,54	0,49	0,46	0,48
Profondeur comptée sur la varme au-dessous de la tuyère.	6 p. 1/2 = 0,18	0,17	0,17	0,17
Hauteur de la varme à l'angle de la haire.	4 p. 1/2 = 0,12	0,12	0,13	0,13
Hauteur de la varme à l'angle du chio.	6 p. 1/4 = 0,19	0,18	0,19	0,19
Inclinaison de la varme vers l'intérieur du feu.	8 lig. = 0,018	0,006	0,004	0,010
Inclinaison du fond vers le contrevent, comptée sur la haire.	1 p. 1/4 = 0,034	0,027	0,024	0,026
Inclinaison du fond vers la face du chio, comptée sur la varme.	10 lig. = 0,023	0,018	0,016	0,013
Hauteur du contrevent à l'angle de la haire.	19 p. = 0,51	0,49	0,51	0,46
Hauteur de la haire à l'angle de la varme.	11 p. = 0,30	0,28	0,30	0,27
Distance du fond à la plaque du dessus du chio, prise à l'angle de la varme.	9 p. = 0,24	0,26	0,25	0,24
Avancement ou varmage de la tuyère.	3 p. 1/4 = 0,088	0,090	0,090	0,088
Inclinaison sur son avancement.	2 l. = 0,0045 = 3°	0,005 = 3° 2/3	0,005 = 3° 2/3	0,0045 = 3°
Dimensions de l'œil de la tuyère.	18 lig. sur 12 ou 0,04 sur 0,027	0,04 sur 0,024	0,04 sur 0,024	0,04 sur 0,027
Distance du centre de l'œil de la tuyère à la haire.	10 p. 1/4 = 0,28	0,26	0,27	0,27
Distance du centre de l'œil de la tuyère à la face du chio.	15 p. 1/4 = 0,42	0,38	0,36	0,37
Diamètre de l'œil de chacune des deux buses.	15 lig. = 0,034	0,038	0,036	0,037
Distance de l'extrémité de la buse de derrière à l'œil de la tuyère.	2 p. 1/2 = 0,055	0,055	0,055	0,055
Distance de l'extrémité de la buse de devant à l'œil de la tuyère.	2 p. 3/4 = 0,074	0,074	0,074	0,074
Distance du fond au premier trou du chio.	5 p. 1/2 = 0,15	0,14	0,14	0,14
Diamètre de l'orifice du premier trou du chio.	1 p. = 0,027	0,027	0,027	0,027
Distance de son centre à la varme.	5 p. = 0,13	0,13	0,13	0,13
Distance du fond au deuxième trou du chio.	6 p. 1/4 = 0,17	0,17	0,16	0,16
Diamètre de l'orifice du deuxième trou du chio.	1 p. = 0,027	0,027	0,027	0,027
Distance de son centre à la varme.	6 p. 1/4 = 0,17	0,17	0,17	0,17

Digitized by Google

Machines soufflantes.

La plupart des feux d'affinerie champenois sont encore soufflés au moyen des anciens soufflets en bois pyramidaux, qui ont le double inconvénient de donner un vent irrégulier, à cause de l'espace nuisible qui y est toujours très-grand, et d'exiger plus de force motrice que les soufflets à piston, à égalité de volume d'air lancé, à cause des frottements plus considérables. Le manomètre à mercure, placé près de la buse du porte-vent d'un soufflet à charnière, indiquant ordinairement une pression moyenne de 3 centimètres, on peut calculer facilement la quantité d'air reçue, en une minute, par un feu d'affinerie champenois, au moyen de la formule

$$Q=289\,d^2\sqrt{\frac{h\,(1+0,004\,t.)}{b+h.}}$$

En y faisant :
d, diamètre de l'œil de la buse, $=0^m,034$.
h, hauteur du manomètre à la buse, $=0^m,03$.
b, pression atmosphérique, $=0^m,75$.
t, température moyenne, $=12°$.
D'où $Q=0^{m3}67$
Et par minute
$$Q'=4^{m3},02$$

Portant ce volume à la pression atmosphérique, en le multipliant par $\frac{0,78}{0,75}$, on a
$$Q''=4^{m3},18$$

On parvient à peu près au même résultat, en calculant le volume d'air lancé, d'après celui qui est engendré par le mouvement des pistons dans les soufflets à piston, mais réduit de $\frac{10}{100}$ par les motifs que nous avons indiqués au sujet des machines soufflantes des feux comtois : par exemple, les deux

Digitized by Google

feux de l'usine du Clos-Mortier reçoivent l'air de deux caisses, dont le piston, qui a 1^{m2},82 de surface, s'élève de 0^{m},81 et donne 5 foulées par minute ; d'où il suit que le volume d'air engendré est de 14^{m3},74 pour les deux caisses ; et, si on le réduit de $\frac{40}{100}$, on a 8^{m3},84 pour le volume d'air lancé réellement par minute à la pression atmosphérique, ou 4^{m3},42 par chaque feu.

On voit donc que les feux champenois reçoivent moins d'air, à l'époque de l'affinage qui exige le maximum du vent, que les feux comtois ; et nous dirons, en parlant des feux bourguignons, que le volume qu'on y lance au maximum est encore moindre ; de sorte qu'il demeurera établi, contrairement à l'opinion de plusieurs métallurgistes, au nombre desquels se trouve Karsten, que les feux d'affinerie dans lesquels on affine des fontes grises ont besoin de plus d'air que ceux servant au traitement des fontes truitées, et que ces derniers sont soufflés plus fort que ceux dans lesquels on traite des fontes blanches.

Les marteaux employés pour cingler la loupe et forger le fer provenant des feux champenois, pèsent 300 à 360 kilogrammes, et battent 120 à 140 coups par minute, comme ceux des forges comtoises. Leurs dispositions sont d'ailleurs les mêmes ; et ils exigent aussi, de la part du moteur, une force réelle de 8 à 10 chevaux. Mais un marteau est nécessaire pour chaque feu, parce que la production en fer étant plus grande que celle d'un feu comtois, le temps pendant lequel on ne forge pas est moins long. Marteaux.

Un feu champenois est desservi par 6 ouvriers, savoir : 4 forgerons et 2 goujats, lesquels travaillent en deux postes composés de 2 forgerons et Ouvriers employés.

Digitized by Google

de 1 goujat. Les forgerons se relèvent de 6 en 6 heures, après avoir fait 4 loupes, et les goujats, toutes les 12 heures. L'affinage dure ordinairement une heure et demie, et la loupe obtenue pèse un peu moins que celle des feux comtois. Néanmoins un feu champenois produit un peu plus de fer qu'un feu comtois, car on y fabrique généralement, par mois, 18,000 kilog. de fer en gros échantillons, ou 20,000 kilog. de fer de petites dimensions. On donne aux forgerons 14 francs par 1,000 kil. de gros fer, et 16 francs par 1,000 kil. de petit fer. En outre, l'ouvrier qui monte le feu et entretient aussi le marteau, reçoit 20 francs par mois. Quant aux goujats, leur salaire est de 20 francs par mois. Enfin le releveur de charbon est payé ordinairement à raison de 30 francs par mois. Il résulte de ces différents salaires que le coût de la main-d'œuvre varie entre 17 et 18 fr. pour le gros fer, et entre 20 et 21 fr. pour le petit fer, savoir :

	Par mille kilog. de gros fer.	Par mille kilog. de petit fer.
	fr.	fr.
Aux quatre forgerons.	14,00	16,00
A l'affineur, en même temps marteleur. .	1,00	1,11
Aux deux goujats. .	2,00	2,22
Au releveur de charbon pour 2 feux. .	0,75	0,83
	17,75	20,16

Conduite de l'opération.

L'affinage champenois comprend trois périodes distinctes, comme l'affinage comtois, savoir : la fusion de la fonte, le soulèvement de la matière ferreuse et l'avalage de la loupe. Mais il en diffère sous plusieurs rapports que nous allons indiquer :

1° La gueuse, au lieu d'avoir son extrémité dans

Digitized by Google

le foyer, à 30 centimètres au plus de la face du chio, doit en être éloignée de 5 à 6 centimètres seulement, pour que, mieux exposée à l'action du vent, elle fonde par écailles et non goutte à goutte, la fusion par goutte favorisant la décarburation de la fonte et, par suite, la coagulation de la matière ferreuse qui aurait lieu avant son épuration complète, si on ne la retardait pas, en faisant en sorte que la fonte parvienne peu décarburée dans le fond du foyer;

2° A plusieurs reprises, pendant la fusion, le forgeron détache de la gueuse, par un coup de ringard, son extrémité amincie par la fusion, et fait tomber ce qu'on appelle des *flûtots*, dans le but de retarder la coagulation de la matière ferreuse par un mélange de fonte à peine décarburée;

3° Chacune des trois parties de l'affinage se fait en moins de temps, et l'opération est surtout abrégée par la moins longue exposition de la matière ferreuse à l'action du vent; aussi obtient-on la loupe donnant 50 kilog. de fer en une heure et demie, savoir : une heure pour la fusion de la fonte, un quart d'heure pour le soulèvement du métal et un quart d'heure pour l'avalage;

4° On n'ajoute pas de sorne, mais seulement 3 à 4 kilogrammes de scories riches, dites *amselats*, par loupe, au lieu de 8 à 10 kilog. nécessaires dans le travail comtois; et cela, parce que la décarburation par l'action du vent étant très-avancée quand la fonte parvient dans le creuset, il faut ensuite peu de protoxyde de fer pour oxyder complétement le carbone;

5° Au lieu de diviser la loupe en deux massiaux, lorsqu'elle est cinglée, on n'en fait qu'une

Digitized by Google

seule pièce qu'on nomme *renard*, et qui est forgée en barre de la dimension qu'on veut avoir, en bout de barre et en tête de maquette. On chauffe ensuite le bout de barre qui est beaucoup plus fort que dans le travail comtois, et on le forge en barre. Quant à la tête de maquette, elle n'est chauffée et étirée que pendant l'opération suivante. Ainsi on forge chaque fois du fer de deux opérations successives, savoir : la tête de maquette provenant du renard de l'avant-dernière opération, et le renard de la loupe précédente (1);

6° Le fer de chaque loupe est aussi forgé entièrement par l'ouvrier qui l'a faite; mais, comme on forge du fer de deux opérations successives, les deux forgerons vont au marteau pendant l'affinage; celui qui conduit le feu, pour forger la tête de maquette, et l'autre, pour convertir le renard ou maquette;

7° Enfin le volume moyen de l'air lancé par minute dans un feu d'affinerie champenois, est supérieur de 1 p. o/o à celui reçu par un feu comtois, puisqu'il résulte du tableau suivant qu'il est

(1) A l'usine du Clos-Mortier, la loupe qui est obtenue avec trois saumons de fonte pesant chacun 25 à 26 kilogrammes, que l'on chauffe au préalable sur un petit autel situé au-dessus du feu d'affinerie, est divisée après le cinglage en trois massiaux. On forge immédiatement celui du milieu en barre de 26 lignes ou 58 millimètres de côté en carré, et on le divise en trois lopins ou barreaux de tirerie de 27 centimètres de longueur environ. Les deux autres massiaux sont chauffés successivement, puis forgés et divisés en trois lopins, comme le premier massiau. Il en résulte qu'on ne chauffe dans le feu, à chaque opération, que le fer provenant de la loupe de l'opération précédente, comme dans le travail comtois; mais le forgeron qui conduit le feu, est obligé d'aider son camarade pour le forgeage du fer.

Digitized by Google

égal aux $\frac{75}{100}$ du volume maximum que nous avons dit s'élever à $4^{m3},18$ sous la pression atmosphérique, ou à $3^{m3},13$, tandis que le volume d'air introduit en moyenne dans un feu comtois est égal aux $\frac{65}{100}$ de $4^{m3},75$, ou à $3^{m3},09$ par minute :

INDICATION DE L'ÉPOQUE DE L'OPÉRATION.		Volume d'air lancé, le volume maximum étant représenté par 100.	Durée de l'action du volume d'air lancé.	
			minutes.	
Fusion de la fonte et chauffage du fer.	En commençant l'opération.	50	8	60
	Pendant le chauffage de la tête de maquette du massiau unique, dit *renard*, provenant de la loupe de l'avant-dernière opération. . . .	66	12	
	Pendant le chauffage et la mise en maquette du renard provenant de la loupe de la dernière opération.	75	25	
	Pendant le chauffage des bouts de barre à forger.	80	15	
Soulèvement.	Pendant le désornage.	80	5	15
	Pendant le soulèvement dit le travail.	100	10	
Avalage.	Pendant l'avalage proprement dit.	80	8	15
	Pour la formation de la loupe. . .	66	4	
	Quand on jette l'amselat sur la loupe.	50	3	
	Moyenne.	75	Tot. 90	

La loupe qui donne 50 kil. de fer forgé, s'obtient avec 68 à 70 kil. de fonte, d'où il résulte qu'il faut 1360 kil. à 1400, ou en moyenne 1380 kil. de fonte par 1000 kil. de fer, consommation un peu plus forte que dans l'affinage comtois qui exige Consommations.

ordinairement, comme nous l'avons dit, 1350 kil. de fonte par 1000 kil. de fer forgé.

Quant à la quantité de combustible consommé, elle varie, suivant sa qualité et les dimensions du fer fabriqué, entre 9 $\frac{1}{2}$ et 10 $\frac{1}{2}$ pieds cubes de charbon par loupe donnant 50 kil. de fer forgé, c'est-à-dire qu'elle est comprise entre 190 pieds cubes ou 6^{m3},51, et 210 pieds cubes ou 7^{m3},19, soit en moyenne 6^{m3},85 de charbon par 1000 kil. de fer. Nous avons dit que les feux d'affinerie comtois, recouverts d'une voûte, consommaient communément 7^{m3},00 de charbon par 1000 kil. de fer fabriqué; on voit donc que la quantité de combustible consommé est moindre de 2 p. 0/0 que celle nécessaire pour l'affinage comtois. Mais la différence serait plus grande encore si les charbons employés dans les feux champenois renfermaient autant d'essences dures. Du reste, la consommation d'une opération se répartit à peu près comme dans l'affinage comtois, à savoir : $\frac{4}{5}$ pendant le chauffage du fer, et $\frac{1}{5}$ pendant le soulèvement et l'avalage.

Modifications des dispositions ordinaires pour l'affinage des fontes autres que les fontes truitées.

Quand on a des fontes noires, grises ou tout à fait blanches, à traiter dans les feux d'affinerie champenois, on modifie leur montage d'une manière analogue à ce qu'on fait pour les feux comtois.

Voici les modifications qui ont lieu pour l'affinage des fontes noires ou grises :

1° On augmente l'inclinaison du vent jusqu'à 6 ou 7 degrés, afin d'élever la température dans la partie supérieure du foyer, et de faire fondre convenablement la fonte qui est d'une fusion plus difficile que la fonte truitée;

2° On augmente de 2 ou 3 centimètres la profondeur du feu comptée au-dessous de l'œil de la tuyère, par deux motifs : d'abord, pour que la

Digitized by Google

fonte, dont la décarburation est plus difficile, ait plus de trajet à faire en parcourant le foyer, et, en second lieu, pour que la coagulation de la matière ferreuse s'effectue plus facilement, par suite de l'abaissement de température produit dans la partie inférieure du foyer;

3° On augmente un peu l'inclinaison du fond du foyer vers le contrevent, afin que la matière ferreuse soit moins exposée à l'action du vent et se tienne pâteuse moins longtemps;

4° On rapproche la tuyère de la haire, et on la fait varmer davantage, dans le but d'augmenter la température dans la région du foyer qu'occupe la gueuse, et de faciliter le soulèvement du métal, qui doit être fait avec plus de soin et pendant plus de temps;

5° On augmente le volume du vent à toutes les époques de l'affinage, et principalement pendant le soulèvement de la matière ferreuse;

6° Enfin on projette dans le foyer, après la fusion, plus de scories riches, afin de favoriser, par l'oxygène du protoxyde de fer, la décarburation de la fonte, que l'action du vent a moins avancée.

Pour le traitement des fontes tout à fait blanches, on adopte au contraire les dispositions suivantes :

1° Le vent, qui déjà est peu incliné, agit dans le foyer presque horizontalement, pour que la fonte soit exposée à une température moindre que d'ordinaire et fonde plus lentement;

2° On diminue, de 1 ou 2 centimètres, la profondeur du feu, comptée au-dessous de l'œil de la tuyère, ainsi que l'inclinaison du fond vers le contrevent, afin d'augmenter la température dans la partie inférieure du foyer et d'empêcher la ma-

Digitized by Google

tière ferreuse de se coaguler trop promptement;

3° On rapproche la tuyère de la haire, et on la fait moins avancer dans le feu, à l'effet d'abaisser la température du côté du contrevent où se trouve la gueuse;

4° On diminue un peu l'intensité du vent à toutes les époques de l'affinage;

5° Enfin il faut peu ou point de scories riches, pour achever la décarburation de la matière ferreuse.

CHAPITRE III.

MÉTHODE BOURGUIGNONNE.

Nature des fontes soumises à l'affinage.

Les fontes qu'on affine par la méthode bourguignonne, sont ordinairement blanches, à cassure presque compacte, et d'un aspect argentin; parfois leur texture est un peu radiée, et passe à la structure lamelleuse à grandes lames irisées. Indépendamment de ces fontes produites par les hauts-fourneaux dans leur allure normale, on traite aussi quelques fontes grises ou noires provenant de la mise en train des hauts-fourneaux.

Les minerais qui donnent ces différentes fontes, proviennent des deux couches du minerai de fer oolithique subordonnées aux marnes oxfordiennes du deuxième étage du terrain jurassique, ou bien des gîtes superficiels formés par le déplacement de ces minerais à l'époque diluvienne; ils rendent, par la fusion, 33 à 36 p. o/o de fonte.

Construction et dispositions de feux d'affinerie bourguignons.

Les feux d'affinerie bourguignons sont construits avec cinq plaques de fonte, comme les feux comtois et champenois, dont ils diffèrent en ce qu'ils sont moins larges de 4 à 5 centimètres. Leur profondeur est à peu près la même que celle des feux champenois; mais la tuyère, à l'extrémité de la-

Digitized by Google

quelle se compte cette profondeur, est moins plongeante, puisque son inclinaison n'excède pas 2°,5. Le vent, d'ailleurs, est moins éloigné de la face du chio que de la haire, tandis que c'est le contraire dans les feux comtois et champenois. On se rend compte aisément de cette disposition, en remarquant que les fontes blanches qui fondent plus facilement que les fontes grises et truitées qu'on affine par les procédés comtois et champenois, ont besoin d'être soumises à une température moindre, ce que contribue à produire le rapprochement du vent de la haire, attendu qu'il s'échappe toujours un peu d'air par le trou du chio, et que ces pertes, qui abaissent nécessairement la température, sont d'autant plus grandes que la tuyère en est plus voisine. En outre, le fond des feux bourguignons incline plus vers le chio que vers le contrevent, par la raison que, les fontes blanches ayant de la tendance à se coaguler avant d'être complétement épurées, il importe de les maintenir plus longtemps à l'état pâteux que les fontes grises ou truitées, en relevant le fond du côté où il est le moins exposé à l'action du vent, et où, par conséquent, la température est moindre. Enfin la varme est un peu moins penchée en dedans que dans les feux champenois, à l'effet également d'abaisser la température dans la partie supérieure du foyer, le contrevent, qui se compose de deux pièces en fonte placées l'une au-dessus de l'autre, présentant, sur sa hauteur de 45 à 50 centimètres, une concavité semblable.

La plupart des feux bourguignons sont soufflés par une seule tuyère où se trouvent deux buses qui y lancent l'air alternativement, comme dans les feux champenois; quelques-uns sont

Digitized by Google

activés par deux tuyères ayant chacune une buse et fournissant l'air tantôt alternativement, tantôt simultanément. Le soufflage continu au moyen de deux tuyères est sans contredit le plus avantageux, soit parce que la marche de l'affinage est rendue plus régulière, soit parce que le vent embrassant plus d'espace dans le feu, le chauffage des pièces de fer à forger a lieu plus promptement ; il est donc probable qu'il sera généralement adopté.

Tous les feux bourguignons sont voûtés aujourd'hui, et cette disposition a procuré une économie notable dans la consommation du combustible, que nous ferons connaître en décrivant les perfectionnements des procédés de fabrication du fer.

Les deux tableaux suivants indiquent les dimensions et dispositions des deux sortes de feux bourguignons, savoir : de quatre feux à une seule tuyère, et de trois feux à deux tuyères :

Digitized by Google

Feu à affinerie bourguignon à une seule tuyère.

DIMENSIONS ET DISPOSITIONS PRINCIPALES.	MOLOY.	MAREY.	CHEVROLET.	AUBERIVE.
	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.
Longueur intérieure du feu prise au niveau du dessus de la face du chio.	27 p. $\frac{1}{2}$ = 0,74	0,73	0,66	0,66
Largeur intérieure prise à la même hauteur.	17 p. $\frac{1}{2}$ = 0,47	0,46	0,43	0,43
Profondeur comptée sur la varme au-dessus de la tuyère.	6 p. $\frac{1}{4}$ = 0,17	0,17	0,16	0,16
Hauteur de la varme à l'angle de la haire.	4 p. $\frac{1}{4}$ = 0,11	0,12	0,12	0,11
Hauteur de la varme à l'angle du chio.	5 p. $\frac{1}{4}$ = 0,14	0,15	0,14	0,15
Inclinaison de la varme vers l'intérieur du feu.	6 lig. = 0,013	0,011	0,015	0,013
Inclinaison du fond vers le contrevent comptée sur la haire.	7 lig. = 0,016	0,018	0,020	0,018
Inclinaison du fond vers la face du chio comptée sur la varme.	12 lig. = 0,027	0,027	0,031	0,033
Hauteur du contrevent à l'angle de la haire.	17 p. = 0,46	0,44	0,42	0,46
Hauteur de la haire à l'angle de la varme.	11 p. $\frac{1}{2}$ = 0,31	0,32	0,32	0,30
Distance du fond à la plaque du dessus du chio, prise à l'angle de la varme.	7 p. $\frac{1}{2}$ = 0,20	0,19	0,21	0,18
Avancement ou varmage de la tuyère.	2 p. $\frac{1}{2}$ = 0,067	0,067	0,068	0,070
Inclinaison sur son avancement.	1 l. $\frac{1}{4}$ = 0,0028 = 2° $\frac{1}{2}$	0,0028 = 2° $\frac{1}{2}$	0,0029 = 2° $\frac{1}{2}$	0,003 = 2° $\frac{1}{2}$
Dimensions de l'œil de la tuyère.	15 lig. sur 13 ou 0,033 sur 0,029	0,034 sur 0,031	0,033 sur 0,031	0,034 sur 0,031
Distance du centre de l'œil de la tuyère à la haire.	14 p. $\frac{1}{4}$ = 0,38	0,38	0,34	0,33
Distance du centre de l'œil de la tuyère à la face du chio.	13 p. $\frac{1}{4}$ = 0,36	0,35	0,32	0,32
Diamètre de l'œil de chacune des deux buses.	15 lig. = 0,033	0,034	0,032	0,033
Distance de l'extrémité de la buse de derrière à l'œil de la tuyère.	2 p. $\frac{1}{2}$ = 0,067	0,065	0,054	0,060
Distance de l'extrémité de la buse de devant à l'œil de la tuyère.	2 p. $\frac{1}{2}$ = 0,067	0,065	0,054	0,060
Distance du fond au premier trou du chio.	5 p. = 0,13	0,13	0,15	0,13
Diamètre de l'orifice du premier trou du chio.	1 p. = 0,027	0,027	0,027	0,027
Distance de son centre à la varme.	5 p. = 0,13	0,13	0,13	0,13
Distance du fond au deuxième trou du chio.	5 p. $\frac{1}{4}$ = 0,15	0,15	0,17	0,17
Diamètre de l'orifice du deuxième trou du chio.	1 p. = 0,027	0,027	0,027	0,027
Distance de son centre à la varme.	6 p. $\frac{1}{4}$ = 0,17	0,17	0,19	0,19

Feu d'affinerie bourguignon à deux tuyères.

DIMENSIONS ET DISPOSITIONS PRINCIPALES.	ESSAROIS.	VANVEY.	ROCHVILLIERS.
	mèt.	mèt.	mèt.
Longueur intérieure du feu prise au niveau du dessus de la face du chio.	24 p. $\frac{1}{2}$ = 0,66	0,66	0,64
Largeur intérieure prise à la même hauteur.	16 p. $\frac{1}{2}$ = 0,45	0,46	0,43
Profondeur comptée sur la varme au-dessous des tuyères.	6 p. = 0,16	0,16	0,16
Hauteur de la varme à l'angle de la haire.	4 p. $\frac{1}{4}$ = 0,11	0,12	0,12
Hauteur de la varme à l'angle de la face du chio.	5 p. $\frac{3}{4}$ = 0,15	0,15	0,16
Inclinaison de la varme vers l'intérieur du feu.	5 lig. = 0,011	0,013	0,011
Inclinaison du fond vers le contrevent comptée sur la haire.	6 lig. = 0,013	0,015	0,013
Inclinaison du fond vers le chio comptée sur la varme.	12 lig. = 0,027	0,027	0,025
Différence de niveau entre les extrémités du dessus de la varme au chio et à la haire.	4 lig. = 0,009	0,013	0,013
Hauteur du contrevent à l'angle de la haire.	16 p. = 0,43	0,43	0,45
Hauteur de la haire à l'angle de la varme.	12 p. $\frac{1}{2}$ = 0,34	0,36	0,38
Distance du fond à la plaque du dessus du chio, prise à l'angle de la varme.	7 p. = 0,19	0,19	0,19
Avancement ou varmage de la tuyère de derrière dans le feu.	2 p. $\frac{1}{2}$ = 0,067	0,067	0,070
Inclinaison sur son avancement.	1 l. $\frac{1}{4}$ = 0,0028 = $2^{\circ}\frac{1}{5}$	0,0028 = $2^{\circ}\frac{1}{5}$	0,003 = $2^{\circ}\frac{4}{5}$
Dimensions de l'œil de chaque tuyère.	11 lig. sur 10 ou 0,025 sur 0,022	0,025 sur 0,022	0,027 sur 0,027
Distance du centre de l'œil de la tuyère de derrière à la haire.	12 p. $\frac{10}{12}$ = 0,346	0,354	0,28
Avancement ou varmage de la tuyère de devant.	2 p. $\frac{1}{2}$ = 0,067	0,067	0,070
Inclinaison sur son avancement.	1 l. $\frac{1}{4}$ = 0,0028 = $2^{\circ}\frac{1}{5}$	0,0028 = $2^{\circ}\frac{1}{5}$	0,003 = $2^{\circ}\frac{4}{5}$
Distance du centre de son œil à la face du chio.	8 p. $\frac{10}{12}$ = 0,238	0,24	0,28
Distance des centres des deux œils des tuyères.	2 p. $\frac{10}{12}$ = 0,076	0,076	0,08
Distance du milieu de la ligne réunissant les deux centres des tuyères à la haire.	14 p. $\frac{1}{12}$ = 0,38	0,37	0,32
Distance du milieu de la ligne réunissant les deux centres des tuyères au chio.	10 p. $\frac{1}{12}$ = 0,28	0,29	0,32
Diamètre de l'œil de chaque buse.	10 lig. $\frac{1}{2}$ = 0,024	0,024	0,024
Distance de l'extrémité de la buse à l'œil de la tuyère de derrière.	2 p. $\frac{1}{2}$ = 0,067	0,067	0,067
Distance de l'extrémité de la buse à l'œil de la tuyère de devant.	2 p. $\frac{1}{2}$ = 0,067	0,067	0,070
Distance du fond au premier trou du chio.	5 p. = 0,13	0,13	0,13
Diamètre de l'orifice du premier trou du chio.	1 p. = 0,017	0,027	0,027
Distance de son centre à la varme.	5 p. = 0,13	0,13	0,13
Distance du fond au deuxième trou du chio.	5 p. $\frac{1}{2}$ = 0,15	0,15	0,15
Diamètre de l'orifice du deuxième trou du chio.	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Digitized by Google

La majeure partie des feux d'affinerie bourguignons reçoit l'air de caisses à piston, et un petit nombre seulement est soufflé par les anciens soufflets pyramidaux en bois. La pression manométrique de l'air lancé par ces différentes machines soufflantes varie, près des buses, entre 2,6 et 2,8 centimètres de mercure. En prenant pour moyenne 2,7 centimètres, on peut calculer aisément le volume d'air qui sort par les buses, soit quand elles lancent l'air alternativement, soit lorsqu'elles le fournissent simultanément. En effet, la formule Machines soufflantes.

$$Q = 289\, d^2 \sqrt{\frac{h(1+0{,}004\, t)}{b+h}}$$

donne, pour le cas où l'air arrive alternativement par chaque buse, en y faisant :

d, diamètre de l'œil de chaque buse $= 0{,}034$, d'où $d^2 = 0{,}00116$.

h, hauteur du manomètre à la buse $= 0{,}027$.

b, pression atmosphérique, $= 0{,}75$.

t, température moyenne, $= 12°$.

$$Q = 0^{m}{}_{3}{,}064,$$

et par minute,

$$Q' = 3^{m3}{,}84.$$

Portant ce volume à la pression atmosphérique, en le multipliant par $\frac{0{,}777}{0{,}75}$ on a,

$$Q'' = 3^{m}{,}98.$$

Dans le cas où les deux buses lancent l'air simultanément, on a :

d, diamètre de l'œil de chaque buse, $= 0{,}024$, d'où $2d^2 = 0{,}00115$.

h, hauteur du manomètre à la buse, $= 0{,}027$.

Digitized by Google

b, pression atmosphérique, $= 0,75$.
t, température moyenne, $= 12^\circ$.
D'où $Q = 0^{m^3},063$.
Et par minute,

$$Q' = 3^{m^3},78.$$

Volume qui, sous la pression atmosphérique, devient

$$Q'' = 4^{m^3},91.$$

On arrive à des résultats peu différents, en prenant, pour le volume d'air lancé, celui qui est engendré par le mouvement des pistons dans les soufflets à piston, mais diminué de $\frac{4}{10}$, par les motifs que nous avons indiqués en parlant des machines soufflantes des forges comtoises. Ainsi :

1° A Moloy, les deux feux d'affinerie reçoivent l'air de deux caisses dont le piston a $1^{m^2},60$ de surface, et donne par minute, lors du maximum du vent, 10 foulées de $0^{m},42$, d'où il résulte que le volume engendré par les deux pistons est de $13^{m^3},44$. Si on le diminue de $\frac{4}{10}$, on a $4^{m^3},04$ pour le volume lancé réellement, par minute, dans chaque feu.

2° A Auberive, les deux feux d'affinerie sont desservis par deux caisses dont le piston a $1^{m^2},49$ de surface, et s'élève de $0^{m},56$, en donnant 8 foulées par minute, lors du maximum du vent. Le volume produit est par conséquent de $13^{m^3},35$, dont les $\frac{4}{10}$ sont $8^{m^3},01$, de sorte que chaque feu reçoit réellement $4^{m^3},00$ d'air à la pression atmosphérique.

3° Enfin, à Essarois, la soufflerie des deux feux d'affinerie se compose de deux caisses dont le piston a $1^{m^2},60$ de surface, et, quand ces feux étaient soufflés à l'air froid, le piston s'élevait

Digitized by Google

de $0^{m},46$, en donnant 9 foulées par minute, lors du maximum du vent, d'où il suit que le volume engendré par le mouvement des deux pistons était de $13^{m3},36$; prenant les $\frac{60}{100}$ de ce volume, on a $8^{m3},02$, ou $4^{m3},01$ pour la quantité d'air qui était reçue réellement par chaque feu.

Si on prend $3^{m3},95$ pour moyenne, on voit que le volume maximum d'air lancé, à la température de 12° et sous la pression atmosphérique, dans un feu d'affinerie bourguignon, est moindre de $0^{m3},80$ que le volume exigé par un feu d'affinerie comtois, et inférieur de $0^{m3},23$ à celui qui est introduit dans un feu d'affinerie champenois.

Nos calculs relatifs à la force motrice des cours d'eau qui mettent en jeu les soufflets à piston des feux d'affinerie comtois, ont établi que la force d'un cheval-vapeur donnait $\frac{4^{m3},75}{60 \times 2,50} = 0^{m3},0316$ d'air par seconde à la pression atmosphérique, ou $1^{m3},90$ par minute. Les caisses à piston des feux d'affinerie bourguignons présentent un résultat semblable : en effet, à Auberive, la roue à augets, qui fait mouvoir la machine soufflante des deux feux d'affinerie, reçoit l'eau par une vanne large de 2 mètres, qu'on lève de $0^{m},029$, et dont le seuil se trouve ordinairement à 1 mètre au-dessous du niveau de l'eau, de sorte que la formule

$$Q = 1.87\,L\,(H\sqrt{H} - h\sqrt{h})$$

en y faisant

$$L = 2^{m},00$$
$$H = 1^{m},00$$
$$h = 0^{m},971$$

donne

$$Q = 0,187$$
$$P = 187^{k}.$$

Digitized by Google

La chute totale C étant de $3^m,33$, on a :

$$P.C = 1,87 \times 3,33 = 622^{k.m.}$$

Par conséquent, la force dynamique en chevaux-vapeur est égale à

$$\frac{622}{75} = 8^{ch},30.$$

En prenant les $\frac{50}{100}$ de ce résultat, comme pour les roues à augets des machines soufflantes des feux d'affinerie comtois, nous aurons $4^{ch},15$ pour la force réelle transmise par la roue dont il s'agit. Chaque feu exige donc $2^{ch},07$ pour la mise en mouvement de la soufflerie, et chaque cheval-vapeur fait lancer, par seconde, $\frac{3^{m3},95}{60 \times 2,07} = 0^{m3},0317$ d'air à la pression atmosphérique, ou $1^{m3},90$ par minute.

Marteaux. Les marteaux employés dans les forges bourguignonnes pour cingler la loupe et forger le fer, sont tous à soulèvement, à cause de leur poids, qui varie de 360 à 400 kilogr. Ils frappent 140 à 160 coups par minute en bonnes eaux, et cependant chaque feu a besoin d'un marteau, quelles que soient les dimensions du fer fabriqué, attendu que la production est plus considérable que dans les feux comtois et champenois, et aussi parce que les interruptions du forgeage sont de courte durée, d'après le mode d'affinage. Ces marteaux exigent, pour être mis en mouvement, une force réelle de 9 à 10 chevaux-vapeur. Ainsi, à la forge d'Auberive, chaque marteau, qui pèse 400 kilogr., est mû par une roue à augets, sur laquelle l'eau arrive par une vanne large de $2^m,80$, qu'on lève de $0^m,081$, et dont le seuil se trouve à 1 mètre au-dessous du niveau de l'eau, de sorte que la formule

Digitized by Google

$$Q = 1{,}87\,L(H\sqrt{H} - h\sqrt{h})$$

En y faisant

$$L = 2^{m},80$$
$$H = 1^{m},00$$
$$h = 0{,}919.$$

Donne

$$Q = 0^{m^3},681$$
$$P = 681^{k}.$$

La chute totale C étant de $3^{m},33$, on a

$$P.C = 2268^{k.m.}.$$

Par conséquent la force dynamique en chevaux-vapeur est égale à :

$$\frac{2268}{75} = 30^{ch.},24.$$

Si nous prenons les $\frac{33}{100}$ de ce travail absolu, à cause de la grande vitesse de la roue et de l'action de l'eau en grande partie par choc, ainsi que nous l'avons fait pour les marteaux des forges comtoises, l'effet utile transmis sera de $9^{ch.},98$.

Ouvriers employés.

Les feux d'affinerie bourguignons sont desservis, comme les feux comtois et champenois, par 6 ouvriers, savoir : 4 forgerons et 2 goujats travaillant en deux postes qui se relèvent de 6 en 6 heures, après la fabrication de 10 loupes donnant chacune 22 à 25 kilogrammes de fer forgé. Chaque opération dure ordinairement 35 à 40 minutes, et on obtient par mois 22,000 kil. de gros fer, ou 20,000 kil. de fer de petites dimensions. Le poids des loupes est moindre que celui des pièces fabriquées dans les feux comtois et champenois, parce qu'on a reconnu qu'il était indispensable de faire de petites loupes pour avoir du fer de bonne qualité. L'extrême facilité avec laquelle se coagule la matière ferreuse provenant de la fusion

Digitized by Google

des fontes blanches, exige en effet que le foyer n'en renferme qu'une petite quantité pour qu'elle puisse s'épurer complétement.

Les forgerons reçoivent chacun communément 4 fr. par 1000 kil. de gros fer et 4 fr. 50 c. par 1000 kil. de petit fer; on donne, en outre, au maître forgeron qui monte le feu et entretient le marteau, 1 fr. à 1 fr. 20 c. par 1000 kil. de fer. Les deux goujats qui sont indispensables pour le service de chaque feu, à cause de l'activité presque continuelle du marteau, gagnent chacun 20 fr. par mois, ou ensemble 1 fr. 84 à 2 fr. par 1000 kil. de fer. Enfin l'approvisionnement en combustible de deux feux exige un releveur de charbon, dont le salaire est de 30 fr. par mois. Il en résulte que la main-d'œuvre coûte, par 1000 kil., 15 à 16 fr. pour le gros fer, et 17 à 18 fr. pour le petit fer, savoir :

	Gros fer. fr.	Petit fer. fr.
Pour les quatre forgerons.	12,00	14,00
Pour le marteleur, en même temps affineur.	1,00	1,20
Pour les deux goujats.	1,84	2,00
Pour le releveur de charbon, qui dessert deux feux.	0,68	0,75
	15,52	17,95

Conduite de l'opération.

L'affinage bourguignon diffère essentiellement des affinages comtois et champenois, en ce qu'il ne comprend que deux opérations distinctes, la fusion de la fonte et l'avalage de la loupe. L'opération intermédiaire, celle du soulèvement, n'a pas lieu, attendu que la matière ferreuse se trouve à peu près complétement décarburée, lorsque les gouttes de fonte ont traversé le foyer, de telle sorte que l'épuration de la matière ferreuse s'achève complétement quand on la réunit en loupe. Aussi

Digitized by Google

ce mode d'affinage n'a-t-il rien de pénible pour le forgeron qui conduit le feu : pendant la fusion de la fonte, il sonde le feu de temps en temps, avec son ringard, pour connaître l'état de la matière ferreuse et du bain de scories qui la recouvre; il débouche le chio pour donner écoulement aux scories superflues; et quand la fusion de la fonte est terminée, un travail de 5 minutes lui suffit pour former la loupe. D'ailleurs, il entretient le feu de charbon; il avance la gueuse quand il en est besoin; il règle le vent, et le reste de son temps est employé au forgeage du fer, comme dans l'affinage champenois.

La matière ferreuse produite par la fusion de la fonte ne devant pas être décarburée par l'exposition au vent, il est nécessaire que la fonte se décarbure en majeure partie dans le trajet qu'elle fait en tombant de la gueuse au fond du creuset. En conséquence, elle ne doit pas fondre par écailles, comme les fontes truitées soumises à l'affinage champenois, mais bien par gouttes, afin qu'elle se ressente davantage de l'action de l'oxygène de l'air. A cet effet, la gueuse est placée à 10 centimètres environ au-dessus de la nappe du vent, et son extrémité ne doit dépasser que de 10 à 12 centimètres l'axe de la tuyère, ou le milieu des deux tuyères, quand il y en a deux, sans être approchée tout près de la face du chio, ainsi que cela se pratique dans l'affinage champenois. En outre, on ne casse pas avec le ringard le bout de la gueuse, pour le faire tomber dans le creuset au milieu de la matière ferreuse, ou du moins on ne le fait que rarement, quand on reconnaît que la matière ferreuse est disposée à se coaguler avant le moment convenable. On ne jette non plus ja-

Digitized by Google

mais dans le feu, pendant l'opération, des morceaux de sorne, des scories riches ou des battitures, par la raison que ces matières enlèveraient par leur oxygène le peu de carbone qui reste uni au métal et le feraient passer à l'état de fer, avant que la gueuse ait fourni la quantité de fonte nécessaire à la loupe. Il faut remarquer, d'ailleurs, que l'affinage produit une très-petite quantité de sorne ou scorie endurcie, que le forgeron retire du feu, quand la loupe en a été extraite, et qu'il place sur la gueuse, avec une pelletée de scories riches ramassées autour de l'enclume, auxquelles on donne le nom de *havresat*, pour que le tout, en fondant, forme le bain qui doit garantir la matière ferreuse de l'action du vent. C'est seulement lorsqu'on arrête l'affinage, qu'il se produit des sornes : ainsi, le lundi, quand on recommence le travail, on sort du feu une masse de scorie dont on ne met qu'une très-faible partie sur la gueuse. Mais, dès que l'avalage est terminé, on projette sur la loupe, comme dans les méthodes comtoise et champenoise, une pelletée de havresat pour la faire refroidir et l'empêcher de se désunir par le cinglage (1).

---

(1) Dans plusieurs forges, on bocarde les sornes et scories, et on porte dans les feux d'affinerie, immédiatement avant l'avalage, les parcelles de fer obtenues par le bocardage. On estime, à Auberive, que les sornes et scories produites en un mois par un feu donnent 450 kilogrammes de parcelles en fer.

On a essayé d'utiliser dans plusieurs hauts-fourneaux, notamment à la Tuilière, la poussière provenant du bocardage et du lavage des sornes et scories, mais on a reconnu que, quand leur proportion excédait 1/20 du poids de la charge en minerai, elles nuisaient sensiblement à la qualité des fontes, dont les fers devenaient très-cassants. Cet effet

Digitized by Google

L'affinage bourguignon diffère encore des deux autres méthodes, en ce que la gueuse est placée au milieu du feu, quand on forge en maquette le massiau donné par la loupe. Dans cette position, qu'elle occupe pendant les 8 à 10 minutes nécessaires pour le forgeage des bouts de barre, elle fond plus rapidement que quand elle se trouvait près du contrevent, le vent ayant alors toute son intensité, et la fonte qui s'en détache produit, pour le moins, autant de matière ferreuse que celle qui est tombée dans le foyer pendant les 20 à 25 minutes écoulées depuis le commencement de l'opération.

Une autre différence, c'est que l'on chauffe chaque fois dans les feux bourguignons du fer à forger provenant des opérations successives, savoir : 1° la tête de maquette du renard ou massiau obtenu avec la loupe de l'avant-dernière opération; 2° le massiau donné par la loupe de la dernière opération; 3° un bout de barre provenant de la loupe faite avant celle qui a donné la tête de maquette, bout de barre qui est à étirer, attendu qu'on ne forge complètement chaque fois que la tête de maquette et son bout de barre, et qu'on conserve pour l'opération suivante le bout de barre

---

s'explique, en remarquant que la plupart des minerais de fer oxfordiens contiennent un peu de phosphate de chaux, dont le phosphore, lors de leur fusion, se porte en totalité sur la fonte, et que, dans l'affinage des fontes phosphorées, une partie du phosphore passe dans les scories à l'état d'acide phosphorique. Par conséquent, de telles scories, employées dans les hauts-fourneaux, doivent augmenter dans les fontes la proportion du phosphore provenant des minerais, attendu que les laitiers n'en retiennent aucune portion, quelque grande que soit leur teneur en chaux.

Digitized by Google

opposé à la tête de maquette, que donne le premier forgeage du massiau.

Les deux forgerons vont au marteau, comme dans l'affinage champenois, et chacun d'eux forge toujours le fer de la loupe qu'il a obtenue. Celui qui conduit le feu, forge la tête de maquette de l'avant-dernière loupe, ainsi que son bout de barre; et l'autre forge le renard de la dernière loupe, puis le bout de barre laissé à l'extrémité opposée à la tête de maquette qu'il avait forgée en conduisant l'affinage précédent.

Nous avons déjà dit qu'on n'obtenait, par l'affinage bourguignon, que de très-petites loupes donnant, par le forgeage, 22 à 25 kil. de fer. Chaque opération exige 40 minutes seulement, sur lesquelles 35 sont employées à la fusion de la fonte et au chauffage du fer, et 8 minutes à l'avalage, ainsi qu'à la formation de la loupe.

Le volume moyen de l'air lancé par minute dans un feu bourguignon est égal, d'après le tableau qui suit, aux $\frac{80}{100}$ du volume maximum que nous avons admis être de 3^{m3},95, ou à 3^{m3},16; par conséquent, il est supérieur de 2 p. 0/0 à celui qui est reçu par un feu comtois, et de 1 p. 0/0 au volume moyen introduit dans un feu champenois:

Digitized by Google

INDICATION DE L'ÉPOQUE DE L'OPÉRATION.		Volume d'air lancé, le volume maximum étant représenté par 100.	Durée de l'action du volume d'air lancé.	
			minutes.	
Fusion de la gueuse et chauffage du fer.	En commençant l'opération. . . .	66	5	32
	Pendant le chauffage de la tête de maquette du massiau unique, dit renard, provenant de la loupe de l'avant-dernière opération. . . .	66	7	
	Pendant le chauffage et la mise en maquette du renard provenant de la loupe de la dernière opération.	80	12	
	Pendant le chauffage des deux bouts de barre à forger.	100	8	
Avalage.	Pendant l'avalage et la formation de la loupe.	100	5	8
	Quand on jette le havresat sur la loupe.	66	3	
	Moyenne.	80	Tot. 40	

La loupe qui donne 23 kil. de fer forgé est obtenue avec 32 à 33 kil. de fonte, c'est-à-dire qu'il faut 1390 à 1410 kil., ou en moyenne 1400 kil. de fonte par 1000 kil. de fer; consommation qui excède de 50 kil. celle qui a lieu ordinairement dans les feux comtois, et de 20 kil. la quantité de fonte nécessaire pour la fabrication des 1000 kil. de fer dans les feux champenois. Consommations.

Au contraire, la consommation en charbon est inférieure de 9 p. o/o à la quantité de combustible consommée dans les feux comtois voûtés, et de 7 p. o/o à la consommation des feux champenois; car on consomme communément dans les feux

bourguignons, suivant la qualité du charbon et les dimensions du fer fabriqué, $4\frac{1}{2}$ à $4\frac{3}{4}$ pieds cubes de charbon par loupe donnant 25 kil. de fer forgé, ou 180 à 190 pieds cubes par 1000 kil. de fer, soit en moyenne $6^{ms},34$. D'ailleurs, la consommation se répartit de la manière suivante : $\frac{7}{8}$ pour la fusion de la fonte et le chauffage du fer, et $\frac{1}{8}$ seulement pour l'avalage.

Modifications des dispositions ordinaires pour l'affinage des fontes autres que les fontes blanches.

Quand on affine dans les feux bourguignons des fontes noires ou grises provenant de la mise en train des hauts-fourneaux, on modifie, comme il suit, le montage de ces feux et la conduite de l'opération :

1° Le vent, qui d'ordinaire est presque horizontal, reçoit une inclinaison d'autant plus grande que les fontes soumises à l'affinage sont plus chargées de carbone, et son plongement va jusqu'à 5 ou 6 degrés, angle qui donne le maximum de température dans la partie supérieure du foyer ;

2° La profondeur du feu, prise au-dessous du vent, est augmentée d'autant plus jusqu'à 20 centimètres, que la fonte est plus grise, dans le double but de rendre plus grand le parcours des gouttes de fonte qui tombent de la gueuse, et d'abaisser la température dans la partie inférieure du foyer ; par là, la fonte se décarbure au point exigé pour le succès de l'opération, et la coagulation du métal a lieu au moment convenable ;

3° On augmente l'inclinaison du fond du foyer vers le contrevent, pour que la matière ferreuse, qui est moins prédisposée à la coagulation, ne se trouve pas dans la région du maximum de température ;

4° On rapproche le vent de la haire, à l'effet de favoriser l'élévation de température dans la

Digitized by Google

partie supérieure du foyer où la gueuse est placée, et de rendre plus facile le soulèvement de la matière ferreuse qui doit être exposée d'autant plus à l'action oxydante du vent, que la fonte dont elle provient contient une plus forte proportion de carbone libre ;

5° Le volume du vent lancé dans le feu, aux différentes époques de l'opération, doit être augmenté, et sa pression doit être un peu plus forte que pour le traitement des fontes blanches ;

6° Enfin, pour faciliter la décarburation de la matière ferreuse, on projette dans le feu, pendant le travail, des scories riches en proportion d'autant plus grande que la fonte est plus grise.

Ces modifications ont été adoptées pendant plus d'un an, sans interruption, à la forge d'Auberive, dans l'un des deux feux d'affinerie bourguignons de laquelle on a affiné, depuis la fin de 1837 jusqu'au commencement de 1839, des fontes grises de Comté, tandis qu'on continuait à traiter dans l'autre des fontes blanches de Bourgogne. L'inclinaison du vent avait été portée de 2° $\frac{1}{2}$ à 6° ; la profondeur du feu, comptée au-dessous de l'œil de la tuyère, était de 19 centimètres au lieu de 16 ; le fond du foyer penchait vers le contre-vent de 27 millimètres au lieu de 18 ; enfin l'axe de la tuyère ne se trouvait pas à égale distance de la haire et de la face du chio, mais bien à 27 centimètres de la haire ou à peu près aux deux cinquièmes des $0^{m},65$ formant la longueur du feu.

CHAPITRE IV.

COMPARAISON DES TROIS MÉTHODES D'AFFINAGE.

Montage des feux.

Les modifications du montage des feux d'affinerie, suivant la nature des fontes qu'on y traite, portent principalement sur le plongement du vent et sur la profondeur du feu; l'inclinaison plus ou moins grande des tuyères fait varier la température non-seulement dans la partie supérieure du foyer, mais encore dans sa partie inférieure, et par là elle accélère ou retarde la fusion de la fonte, ainsi que la coagulation de la matière ferreuse qui en provient; la profondeur plus ou moins grande du foyer accélère ou retarde la décarburation de la fonte, qui s'opère en grande partie dans le trajet que font les gouttes détachées de la gueuse, en même temps qu'elle influe sur la coagulation du métal en abaissant ou élevant la température dans la partie inférieure du foyer.

Nous avons dit que, dans les feux d'affinerie comtois, où l'on affine habituellement des fontes grises, les tuyères ont une inclinaison moyenne de 6 à 9 degrés, ou de 8 à 10 degrés, pour le traitement des fontes grises; une inclinaison de 7 à 8 degrés, de laquelle résulte le maximum de température dans la partie supérieure du feu, pour l'affinage des fontes noires; enfin une inclinaison de 3 à 4 degrés, ou de 10 à 11 degrés, pour l'affinage des fontes blanches; et d'autre part, que la profondeur ordinaire des feux, prise au-dessous du vent, est de 20 centimètres pour les fontes grises, de 23 centimètres pour les fontes surchargées de graphite, et de 17 centimètres seulement pour les fontes blanches.

Digitized by Google

Les changements qu'éprouvent, dans leur montage, les feux d'affinerie champenois et bourguignons, à raison de la nature des fontes soumises à l'affinage, sont tout à fait analogues : en effet, dans les feux champenois, où l'on traite ordinairement des fontes truitées, le vent a une inclinaison moyenne de 3° à 3° $\frac{1}{2}$, et la profondeur est de 17 à 18 centimètres; et, s'il arrive qu'on ait à y affiner des fontes noires ou grises, on augmente l'inclinaison du vent jusqu'à 6 ou 7 degrés, en même temps qu'on porte la profondeur à 20 ou 21 centimètres, tandis que si on y traite des fontes blanches, on fait agir le vent sous un angle de 2° à 2° $\frac{1}{2}$, et on réduit la profondeur à 16 centimètres. De même, dans les feux bourguignons qui roulent habituellement avec des fontes blanches, l'air est lancé sous un angle de 2° $\frac{1}{5}$ à 2° $\frac{4}{5}$, et la profondeur n'excède pas 16 ou 17 centimètres; et si on affine des fontes noires ou grises, on augmente le plongement du vent jusqu'à 5° ou 6°, et la profondeur atteint 20 centimètres.

Ainsi, on peut admettre comme règle générale, pour les trois méthodes d'affinage : que la profondeur des feux d'affinerie, comptée en dessous du vent, est d'autant plus grande que les fontes soumises à l'affinage renferment plus de carbone libre ou graphite. Quant au plongement du vent, il n'y a de règle générale que pour les feux champenois et bourguignons, dans lesquels l'air est lancé sous un angle d'autant plus grand que les fontes à affiner sont plus grises; mais, dans les feux comtois, deux inclinaisons différentes peuvent être adoptées pour l'affinage des fontes grises et blanches, l'une plus grande que l'angle qui produit le maximum de température dans la partie supérieure du foyer,

Digitized by Google

et qui convient pour le traitement des fontes noires, l'autre plus petite que ce même angle qui seul est constant; l'alternative du choix résultant de ce que chacun de ces angles produit, dans la région du foyer qu'occupe la gueuse, une température à peu près égale, moindre que le maximum de température qu'il est possible d'y développer.

Roulement. Les feux d'affinerie comtois ont besoin, à une certaine époque de l'opération, d'un volume de vent plus considérable et lancé sous une pression plus forte que les feux champenois, qui sont dans le même cas relativement aux feux bourguignons; mais, par suite des variations plus grandes dans la distribution du vent, les feux comtois reçoivent en moyenne, dans l'unité de temps, moins d'air à la pression atmosphérique que les feux champenois, et ceux-ci en consomment moins que les feux bourguignons.

La fonte fond par gouttes dans les feux comtois et bourguignons, tandis qu'elle doit fondre par écailles dans les feux champenois, pour que la décarburation de la matière ferreuse en provenant ne se trouve pas trop avancée lorsqu'on l'expose au vent.

Les méthodes comtoise et champenoise exigent que la matière ferreuse produite par la fusion de la gueuse soit soulevée pour être soumise à l'action de l'oxygène de l'air lancé; mais dans la méthode champenoise, l'exposition à l'air est moins longue que dans le travail comtois: au contraire, dans la méthode bourguignonne, la décarburation de la fonte s'effectue à peu près complétement dans le trajet que font les gouttes de fonte, de la gueuse au fond du creuset.

Pendant l'opération, on emploie, dans la méthode comtoise, beaucoup de scories riches pour

Digitized by Google

faciliter la décarburation de la fonte par l'oxygène du protoxyde de fer qu'elles renferment; on en ajoute peu dans la méthode champenoise, et il n'est pas nécessaire d'en faire usage dans la méthode bourguignonne; ce qu'explique l'état de la matière ferreuse provenant de la fusion de la fonte, dans chaque affinage.

Dans la méthode champenoise, on casse à plusieurs reprises, avec le ringard, l'extrémité de la gueuse en fusion, pour que des portions de fonte non décarburée maintiennent la matière ferreuse à l'état pâteux pendant le temps convenable; on évite au contraire de le faire dans les méthodes comtoise et bourguignonne, à moins de dérangements dans la marche ordinaire de l'affinage, attendu qu'on retarderait par là l'épuration du métal.

La loupe, dans la méthode comtoise, étant plus forte que dans les deux autres méthodes, donne, par le cinglage, une pièce qu'on divise en deux massiaux au moins, tandis qu'on ne fait ordinairement qu'un seul massiau dans les méthodes champenoise et bourguignonne.

Dans les trois méthodes d'affinage, chacun des deux forgerons de service forge le fer de la loupe qu'il a obtenue en conduisant le feu; mais un seul forgeron va au marteau dans la méthode comtoise, tandis qu'ils forgent tous deux le fer dans les méthodes champenoise et bourguignonne.

Habituellement, dans la méthode comtoise, on chauffe et forge chaque fois le fer de la loupe provenant de l'opération précédente; dans la méthode champenoise, le feu reçoit du fer de deux affinages successifs; et dans la méthode bourguignonne, on chauffe et forge du fer provenant des trois opérations précédentes.

Digitized by Google

L'affinage bourguignon est celui qui va le plus vite, puis l'affinage champenois, et enfin l'affinage comtois; aussi, un feu bourguignon produit-il ordinairement, par mois, 20 à 22,000 kilog. de fer forgé; un feu champenois 18 à 20,000 kilog., et un feu comtois 16 à 18,000 kilog. seulement.

La consommation moyenne en fonte est, par 1,000 kilog. de fer forgé, de 1,350 kilog. de fonte dans les feux comtois, de 1,380 kilog. dans les feux champenois, et de 1,400 kilog. dans les feux bourguignons, différences dont on se rend raison aisément en remarquant, d'une part, qu'on utilise toutes les scories riches dans la méthode comtoise, tandis qu'on n'en porte qu'une partie dans les feux champenois et encore moins dans les feux bourguignons; de l'autre, que le déchet en fonte doit être d'autant plus grand que l'affinage a lieu dans un feu moins profond, où la matière ferreuse est plus exposée à s'oxyder par l'action du vent.

L'affinage bourguignon se fait avec moins de combustible que l'affinage champenois, et ce dernier en exige moins que l'affinage comtois, toutes choses égales d'ailleurs, différences qui proviennent de la pression plus ou moins grande sous laquelle l'air est lancé, et de la marche de l'opération, qui est plus rapide dans les feux bourguignons que dans les feux champenois, et plus prompte dans ceux-ci que dans les feux comtois. En moyenne, un feu comtois couvert consomme 7 mètres cubes de charbon par 1,000 kilog. de fer forgé; un feu champenois disposé de même, $6^{m^3},85$; et un feu bourguignon également voûté, $6^{m^3},34$. Nous avons dit que la différence entre les consommations des feux comtois et champenois serait plus grande si le charbon employé dans ces derniers était de meilleure qualité.

Digitized by Google

[illegible]

Le tableau [illegible] principales de [illegible] d'affinerie :

[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Pression moyenne [illegible] de l'air lancé, exprimée en [illegible] de mercure	3,5	3,[illegible]	2,70
Volume [illegible] de l'air lancé par minute, sous la pression qui vient d'être indiquée	$4^{m3},54$	$4^{m3},$[illegible]	$3^{m3},8$[illegible]
Volume [illegible] sous la pression atmosphérique	$4^{m3},75$	$4^{m3},18$	$3^{m3},95$
Volume moyen de l'air lancé par minute, sous la pression atmosphérique, en le calculant d'après la durée de l'affinage et celle de l'action des différents volumes d'air introduits dans les feux	$3^{m3},09$	$3^{m3},13$	$3^{m3},16$
Durée de l'affinage exprimée en minutes	135′	90′	40′
Poids moyen du fer forgé donné par la loupe de chaque opération	65k.	48k.	23k.
Quantité de fonte consommée pendant l'affinage	88k.	66k.	32k.
Quantité de charbon de bois consommée pendant l'affinage en mét. cub.	$0^{m3},455$	$0^{m3},376$	$0^{m3},152$
Volume d'air lancé sous la pression atmosphérique pendant l'affinage.	$417^{m3},15$	$271^{m3},70$	$126^{m3},40$
Poids du fer fabriqué en 24 heures	680k.	760k.	840k.
Quantité de fonte consommée en 24 heures	918k.	1.048k.	1.176k.
Quantité de charbon consommée en 24 heures	$4^{m3},76$	$5^{m3},20$	$5^{m3},32$
Volume d'air lancé sous la pression atmosphérique, en 24 heures	4.450^{m3}	4.507^{m3}	4.550^{m3}
Quantité de charbon consommée par minute	0,0033	0,0036	0,0037
Production moyenne par mois en fer forgé	17.000k.	19.000k.	21.000k.
Consommation en fonte par 1.000k. de fer forgé	1.350k.	1.380k.	1.400k.
Consommation en charb. par 1.000k. de fer forgé	$7^{m3},00$	$6^{m3},85$	$6^{m3},34$

Digitized by Google

Prix de revient des produits.

Pour établir les prix de revient des fers fabriqués par chacune des trois méthodes, nous prendrons pour base ceux des matières premières en 1839, et nous aurons :

1° *Prix de revient des* 1.000 *kilog. de fer de dimensions moyennes, fabriqué par la méthode comtoise dans un feu d'affinerie produisant* 170.000 *kilog. de fer par an :*

			fr.
Fonte (1.350k., à 195fr.,04 les 1.000 k.).			263,30
Charbon (7m.3, déchet de halle compris, à 20fr.,95).			140,35
Main d'œuvre.			21,50
Cours d'eau (2.500fr. par an). . .	fr. 14,70		
Intérêt de fonds (30.000fr. par feu à 6 p. 0/0=1.800.	10,58	60fr.	60,00
Régie, réparations, contributions et frais divers.	34,72		
Total.			485,15

La valeur des 1.000 *kil. de fonte est portée ci-dessus à* 195 *fr.* 04 *c. d'après les éléments suivants, le haut-fourneau produisant* 900.000 *kil. de fonte par an :*

			fr.
Minerai (52 pieds cubes ou 1m3,78, à 21fr.,80 le mètre cube).			38,80
Charbon (165 pieds cubes ou 5m3,65, déchet de halle compris, à 20fr.,05 le mètre cube). . .			113,28
Castine (5 pieds cubes ou 0m3,17, à 6fr. le mètre cube).			1,02
Main-d'œuvre (4.000fr. par an).			4,44
Cours d'eau (8.000fr.).	fr. 8,88		
Intérêt de fonds de roulement (120.000fr. à 6p. 0/0=7.200fr.).	8,00	35fr.	35,00
Régie, réparations, contributions et frais divers.	18,12		
Transport de la fonte à la forge (pour une distance moyenne de 10k., à raison de 0fr.,25 par 1.000k. et par kilomètre.			2,50
Total. . . .			195,04

Digitized by Google

Le mètre cube de minerai est évalué ci-dessus à 22 fr. 80 c. d'après les données suivantes, le minerai brut étant supposé rendre 25 p. 0/0 en volume de minerai propre à la fusion :

	fr.
Frais d'extraction de 4 mètres cubes de minerai brut à $1^{fr.},40$ l'un.	5,60
Indemnité au propriétaire du sol ($0^{fr.}70$ par mètre cube).	2,80
Transport à l'atelier de préparation (pour une distance moyenne de 3 kil. et à raison de $0^{fr.},25$ par 1.000 kil. et par kilomètre, ou de $0^{fr.},30$ par mètre cube pesant $1.200^{k.}$).	3,60
Frais de préparation ($0^{fr.},45$ par mètre cube). . . .	1,80
Curage des bassins d'épuration ($0^{fr.},40$ par mètre cube).	1,60
Loyer de l'atelier de préparation, régie, réparations et frais divers ($1^{fr.},20$ par mètre cube).	4,80
Transport du minerai préparé au haut-fourneau (pour une distance moyenne de 4 kilomètres, et à raison de $0^{fr.},25$ par $1.000^{k.}$ et par kilomètre, ou de $0^{fr.},40$ par mètre cube pesant $1.600^{k.}$). . .	1,60
Total.	21,80

Le mètre cube de charbon est évalué ci-dessus à 20 fr. 05 c. d'après les données qui suivent, le rendement du bois en charbon étant supposé de 33 p. 0/0 en volume :

	fr.
Bois sur pied (3 stères, à $5^{fr.},75$ l'un).	17,25
Abattage, façon et cordage ($0^{fr.},55$ par stère, dont $0^{fr.},25$ à déduire pour valeur des fagots, soit $0^{fr.},30$ par stère).	0,90
Dressage en meules et feuillage ($0^{fr.},20$ par stère).	0,60
Frais de cuisage ($0^{fr.},09$ par stère).	0,27
Transport à l'usine (pour une distance moyenne de 12 kilomètres et à raison de $0^{fr.},37$ par $1.000^{k.}$ de charbon et par kilomètre, ou de $0^{fr.},08$ par mètre cube pesant $216^{k.}$).	0,96
Mise en halle.	0,07
Total.	20,05

Digitized by Google

2° *Prix de revient des 1000 kil. de fer de dimensions moyennes, fabriqué par la méthode champenoise dans un feu d'affinerie produisant* 190.000 *kil. de fer par an :*

		fr.
Fonte (1.380k. à 167fr.,46 les 1,000k.)		231,09
Charbon (6ms,85, déchet de halle compris, à 20fr..43 le mètre cube)		139,95
Main-d'œuvre		19,00
	fr.	
Cours d'eau (1.800fr. par an)	9,47	45,00
Intérêt de fonds de roulement (30.000fr. par feu à 6 p. 0/0=1.800fr.	9,47	
Régie, réparations, contributions et frais divers	26,06	
Total		435,04

La valeur des 1000 kil. de fonte est portée ci-dessus à 167 *fr.* 46 *c. d'après les données suivantes, le haut-fourneau produisant* 800.000 *kil. de fonte par an :*

			fr.
Minerai (50 pieds cubes ou 1ms,71 à 12fr.,20 le mètre cube)			20,86
Charbon (165 pieds cubes ou 5ms,65, déchet de halle compris à 20fr.,43 le mètre cube			115,43
Castine (4 pieds cubes ou 0ms,04, à 6fr. le mètre cube)			0,42
Main-d'œuvre (3.200fr. par an)			4,00
	fr.		
Cours d'eau (5.000fr.)	6,25	26	26,00
Intérêt de fonds de roulement (100.000fr. à 6 p. 0/0=6.000fr.) . .	7,50		
Régie, réparations, contributions et frais divers	12,25		
Transport de la fonte à la forge (pour une distance moyenne de 3 kilomètres, et à raison de 0fr.,25 par 1.000k. et par kilomètre			0,75
Total . . .			167,46

Le mètre cube de minerai est évalué ci-dessus à 12 *fr.* 20, *d'après les données suivantes, le*

Digitized by Google

minerai brut étant supposé rendre 33 p. o/o *en volume de minerai propre à la fusion :*

	fr.
Frais d'extraction de 3 mètres de minerai brut à 0,$^{\text{fr.}}$95 l'un.	2,85
Indemnité au propriétaire du sol (0$^{\text{fr.}}$,35 par mètre cube).	1,05
Transport à l'atelier de préparation (pour une distance moyenne de 3 kilomètres, et à raison de 0$^{\text{fr.}}$,25 par 1.000$^{\text{k.}}$ et par kilomètre, ou de 0$^{\text{fr.}}$,31 par mètre cube pesant 1.250$^{\text{k.}}$).	2,80
Frais de préparation (0$^{\text{fr.}}$,35 par mètre cube). . .	1,05
Curage des bassins d'épuration (0$^{\text{fr.}}$15 par mètre cube).	0,45
Loyer de l'atelier de préparation, régie, réparations et frais divers (0$^{\text{fr.}}$,80 par mètre cube). . .	2,40
Transport du minerai préparé au haut-fourneau (pour une distance moyenne de 4 kilomètres, et à raison de 0$^{\text{fr.}}$,25 par 1.000$^{\text{k.}}$ et par kilomètre, ou de 0$^{\text{fr.}}$,40 par mètre cube pesant 1.600$^{\text{k.}}$).	1,60
Total. . . .	12,20

Le mètre cube de charbon est évalué ci-dessus à 20 *fr.* 43, *d'après les données suivantes, le rendement du bois en charbon étant supposé de* 33 *p.* o/o *en volume :*

	fr.
Bois sur pied (3 stères, à 6$^{\text{fr.}}$ l'un).	18,00
Abattage, façon et cordage (0$^{\text{fr.}}$,55 par stère, dont 0$^{\text{fr.}}$,35 à déduire pour valeur des fagots, soit 0$^{\text{fr.}}$,20 par stère).	0,60
Dressage en meules et feuillage (0$^{\text{fr.}}$,20 par stère).	0,60
Frais de cuisage (0$^{\text{fr.}}$,09 par stère).	0,27
Transport à l'usine (pour une distance moyenne de 12 kilomètres, et à raison de 0$^{\text{fr.}}$,37 par 1.000$^{\text{k.}}$ de charbon et par kilomètre, ou de 0$^{\text{fr.}}$,074 par mètre cube pesant 200$^{\text{k.}}$).	0,89
Mise en balle.	0,07
Total.	20,43

3° *Prix de revient des* 1.000 *kil. de fer de*

Digitized by Google

dimensions moyennes, fabriqué par la méthode bourguignonne dans un feu d'affinerie produisant 210.000 kil. de fer par an :

			fr.
Fonte (1.400$^{k.}$ à 158$^{fr.}$,39 les 1.000$^{k.}$)			221,74
Charbon (6^{m3},34, déchet de halle compris, à 15$^{fr.}$,46 le mètre cube)			98,02
Main-d'œuvre			16,70
Cours d'eau (1.800$^{fr.}$ par an)	fr. 8,57		
Intérêt de fonds (25.000$^{fr.}$ par feu à 6 p. 0/0=15.00$^{fr.}$)	7,14	45	45,00
Régie, réparations, contributions et frais divers	29,29		
Total			381,46

La valeur des 1.000 *kil. de fonte est portée ci-dessus à* 158 *fr.* 39 *c. d'après les données suivantes, le haut-fourneau produisant* 800.000 *kil. de fonte par an :*

			fr.
Minerai (54 pieds cubes ou 1^{m3},85, à 19$^{fr.}$40 le mètre cube)			35,89
Charbon (170 pieds cubes ou 5^{m3},82, déchet de halle compris, à 15$^{fr.}$,46 le mètre cube)			89,98
Castine ou herbue (5 pieds cubes ou 0^{m3},17, à 6$^{fr.}$ le mètre cube)			1,02
Main-d'œuvre (3.200$^{fr.}$ par an)			4,00
Cours d'eau (5.000$^{fr.}$ par an) . . .	fr. 6,25		
Intérêt de fonds de roulement (100.000$^{fr.}$ à 6 p. 0/0=6.000) . .	7,50	26	26,00
Régie, réparations, contributions et frais divers			
Transport de la fonte à la forge (pour une distance moyenne de 6 kilomètres, et à raison de 0$^{fr.}$,25 par 1,000$^{k.}$ et par kilomètre)			1,50
Total			158,39

Le mètre cube de minerai est évalué ci-dessus à 19 *fr.* 40 *c. d'après les données suivantes, le minerai brut étant supposé rendre*

Digitized by Google

25 p. o/o en volume de minerai propre à la fusion :

	fr.
Frais d'extraction de 4 mètres cubes de minerai brut, à 1fr.,20 l'un.	4,80
Indemnité au propriétaire du sol (0fr.,65 par mètre cube.	2,60
Transport à l'atelier de préparation (pour une distance moyenne de 3 kilomètres, et à raison de 0fr.,25 par 1.000k. et par kilomètre, ou de 0fr.,30 par mètre cube pesant 1.200k.).	3,60
Frais de préparation (0fr.,45 par mètre cube). .	1,80
Curage des bassins d'épuration (0fr.,35 par mètre cube).	1,40
Loyer de l'atelier de préparation, régie, réparations et frais divers (0fr.,90 par mètre cube). .	3,60
Transport du minerai préparé au haut-fourneau (pour une distance moyenne de 4 kilomètres, et à raison de 0fr.,25 par 1.000k. et par kilomètre, ou de 0fr.,40 par mètre cube pesant 1.600k.). .	1,60
Total.	19,40

Le mètre cube de charbon est évalué ci-dessus à 14 *fr.* 11 *c, d'après les données suivantes, le rendement du bois en charbon étant supposé de* 36 *p.* o/o *en volume ;*

	fr.
Bois sur pied (2fr.,80, à 4fr.,50 l'un).	12,60
Abattage, façon et cordage (0fr.,55 par stère dont 0fr.,15 à déduire pour la valeur des fagots, soit 0fr.,40 par stère).	1,00
Dressage en meules et feuillage (0fr.,22 par stère). .	0,55
Frais de cuisage (0fr.,11 par stère).	0,28
Transport à l'usine (pour une distance moyenne de 12 kilomètres, et à raison de 0fr.,37 par 1.000k. de charbon et par kilomètre, ou de 0fr.,08 par mètre cube pesant 216k.).	0,96
Mise en halle.	0,07
Total.	15,46

Ainsi, en 1839, le prix de revient moyen des fers de Comté a excédé de 60 fr. 11 cent. celui

Digitized by Google

des fers de Champagne, et de 113 fr. 69 cent. celui des fers de Bourgogne; et leurs prix de vente, qui sont en rapport avec leurs qualités, ont offert à peu près les mêmes différences, car les premiers se sont vendus 530 fr. les 1,000 kil., les seconds 450 fr., et les fers de Bourgogne 400 fr. On voit par là que l'industrie sidérurgique a présenté peu d'avantages en 1839, puisque les faibles différences qui existent entre les prix de vente des fers et leurs prix de revient comprennent les bénéfices de l'extraction, de la préparation et de la fusion des minerais, avec celui de l'affinage des fontes.

(La suite à la prochaine livraison.)

Digitized by Google

MÉMOIRE

Sur les perfectionnements et modifications des procédés employés pour la fabrication du fer obtenu par l'affinage des fontes dans les foyers d'affinerie.

Par M. E. THIRRIA, Ingénieur en chef des mines.

(Suite.)

DEUXIÈME PARTIE.

Description des améliorations et modifications des procédés de fabrication.

CHAPITRE PREMIER.

FEUX D'AFFINERIE VOÛTÉS.

L'amélioration la plus simple, et dont l'adoption n'est pas encore générale, malgré les grands avantages qu'elle présente, consiste à recouvrir les feux d'affinerie, à l'effet d'empêcher la déperdition de la chaleur qui s'en dégage, et d'en retenir une partie pour les opérations qu'on y pratique.

On sait que les anciens feux d'affinerie étaient tous découverts, comme une forge maréchale, et se trouvaient placés sous une grande hotte de cheminée, en forme de pyramide tronquée et supportée par des piliers. Aujourd'hui, on les enveloppe au moyen de trois grandes plaques de fonte placées respectivement du côté de la face du chio, du contrevent et de la haire; le quatrième côté étant toujours fermé par la paroi de la hotte que

traversent les tuyères. Ces plaques ont ordinairement 1^m,10 de longueur, sur 1 mètre de hauteur, et 8 centimètres d'épaisseur. La plaque du chio a une ouverture cintrée, celle du travail, de 50 centimètres de largeur sur 30 de hauteur, la flèche du cintre étant de 6 à 8 centimètres, et de plus, elle a un rebord de 8 centimètres de saillie, appelé le cran de la maquette; la plaque du contrevent a une ouverture de 30 centimètres sur 20, par laquelle on chauffe au-dessus du feu les bouts de barre jusqu'à ce qu'on les place au milieu des charbons; enfin, la plaque de derrière a une ouverture de 32 centimètres de largeur, sur 27 de hauteur, pour le passage de la gueuse. De l'intérieur de ces plaques, part une voûte construite en briques ou en terre réfractaire, laquelle est tantôt cylindrique et tantôt sphérique. Quand elle est cylindrique, elle va du contrevent à la varme, en s'appuyant d'une part, sur de petits piliers en briques ou en terre réfractaire, placés aux deux angles de la plaque du contrevent, et de l'autre, sur le petit massif en briques que traversent les tuyères au bas de la hotte; quand elle est sphérique, elle s'appuie également sur le massif en briques des tuyères, sur les piliers en briques ou en terre des angles du contrevent, sur un rebord en fonte dont est pourvu l'arc de l'ouverture de la plaque du chio, et enfin, du côté de la haire, sur un rebord en fonte que porte la plaque placée de ce côté. L'épaisseur de la voûte est déterminée par la longueur des briques dont elle est formée, et lorsqu'elle est construite en terre, cette épaisseur est de 18 à 22 centimètres. La distance de son intrados à la plaque du fond du foyer varie de 1^m,20 à 1^m,60. La cheminée qui surmonte la voûte, a or-

Digitized by Google

dinairement 50 centimètres de hauteur, et sa section intérieure a 20 centimètres de côté en carré; elle est construite en briques ou en terre réfractaire, que maintiennent des feuillards en fer. La dépense nécessaire pour envelopper et voûter un feu d'affinerie de la manière qui vient d'être indiquée, s'élève à 500 fr. environ.

Deux inconvénients, auxquels il est facile de remédier, mais que les ouvriers, toujours opposés aux changements qui blessent leur routine, se sont plu à présenter comme graves, ont mis obstacle à la propagation des feux voûtés importés du Berry, en 1832, par M. Bordet-Giey, habile maître de forges, propriétaire des usines d'Auberive (Haute-Marne). Le premier de ces inconvénients, c'est que la chaleur se porte davantage sur le devant du feu, et incommode le forgeron dont le travail est déjà bien pénible dans l'affinage comtois; mais on y a obvié de la manière la plus satisfaisante, en laissant un intervalle, dit *murot*, entre la face intérieure de la hotte sise du côté du chio et la plaque d'enveloppe du même côté. Cet intervalle, auquel on donne 16 à 18 cent. de largeur, fait fonctions de cheminée d'aspiration et attire la majeure partie de la chaleur du devant du feu, tellement que celle qui parvient à l'ouvrier est très-supportable.

Le second reproche fait par les ouvriers aux feux voûtés, c'est la chute de la matière, dite *sarrasin*, qui s'attache à la voûte et nuit beaucoup à la qualité du fer, quand elle vient à tomber dans le feu, même en petite quantité, pendant le soulèvement et l'avalage, alors que la matière ferreuse se trouve presque entièrement à découvert. Le sarrasin se composant de scories projetées par le vent

Digitized by Google

lors du travail, de cendres et de menu charbon, on conçoit qu'il doit effectivement être très-nuisible au fer, tant par le silicium de la silice des cendres, que par le carbone du menu charbon, substances qui, à cause de leur extrême division, ont une grande tendance à s'unir au fer, quand leur combinaison est favorisée par une haute température. Mais on remédie complétement à la chute du *sarrasin*, d'abord en faisant en sorte que l'intérieur de la voûte se trouve à un mètre au moins du fond du foyer, et ensuite en nettoyant la voûte avec un ringard, à la fin du roulement de chaque semaine, et même plus souvent, s'il est nécessaire. D'ailleurs, rien n'est plus facile que d'empêcher le sarrasin de tomber dans un feu en activité, lorsqu'on le détache du bas de la voûte où il se dépose principalement; il suffit pour cela de placer sur le charbon une large pelle en fer qui le reçoit en totalité.

Les feux couverts, en utilisant une partie de la chaleur que laisse échapper le combustible, procurent une économie de 20 p. 0/0 au moins sur la consommation qui se fait dans les feux découverts. Quelques citations le démontreront.

Usine de Drambon.

Deux des trois feux d'affinerie comtois de l'usine de Drambon ont été voûtés en mai 1838, et le troisième est encore découvert. Les deux feux voûtés ont produit, pendant les 6 premiers mois de 1839, 160.320 k. de fer marchand de diverses dimensions, en consommant 213.220 k. de fonte, et 3.040 vans de 12 pieds cubes de charbon d'essences tendres, ce qui correspond, par 1.000 k. de fer fabriqué, à

Fonte.	1330k.
Charbon (19 vans de 12 pieds cubes l'un).	7m3,80

Pendant 1838, ces mêmes feux, et, en 1839, le feu non couvert, produisaient par mois 14.000 k. de fer, en consommant par 1.000 kil. :

Fonte.	1330k.
Charbon (24 vans de 12 pieds cubes l'un).	9^{m3},87

Ainsi, la quantité de fonte consommée et la production mensuelle étant les mêmes, on a économisé par l'affinage, dans les feux couverts, 2^{m3},07 de charbon, sur 9^{m3},87 ou 20 p. 0/0.

Le fer d'affinerie comtois de l'usine de Lœuilley a été voûté en juin 1838. Il avait produit, pendant les cinq premiers mois de cette année, 57.009 k. de fer marchand de diverses dimensions, en consommant par 1.000 k. : Usine de Lœuilley.

Fonte.	1390k.
Charbon (19 1/2 vans de 12 pieds cubes l'un).	8^{m3},00

A partir du moment où le feu a été couvert, on y a porté du bois desséché à la fin de l'affinage, ainsi que nous le dirons par la suite, et la production, depuis le 1er juillet 1838 jusqu'au 1er août 1839, c'est-à-dire pendant 13 mois de roulement, s'est élevée à 163.785 k. de fer marchand de diverses dimensions, pour une consommation, par 1.000 k., de

Fonte.	1390k.
Charbon (13 1/2 vans de charbon de 12 pieds cubes l'un).	5^{m3},49
Bois desséché (2 1/2 vans de bois desséché).	1^{m3},03

Ainsi, la production mensuelle étant toujours de 11 à 12.000 k. de fer, et la consommation en fonte de 1.390 k. par 1.000 k. de fer fabriqué, la quantité de combustible consommée s'est trouvée réduite dans le feu couvert à 5^{m},49 de charbon, et à 1^{m},03 de bois desséché, provenant de 1st,24 bois

vert, comme nous le dirons, ou correspondait à 0ᵐ³,41 de charbon. L'économie obtenue a été parconséquent de 2ᵐ³,10 de charbon sur 8ᵐ³,00, ou de 26 p. 0/0.

Usine de Moloy. Les deux feux d'affinerie bourguignons de l'usine de Moloy ont été voûtés dans le mois de mai 1838. Ils ont produit, depuis le 1er juin de cette année jusqu'au 1er juin 1839, ou pendant 12 mois de roulement, 412.645 k. de fer marchand de diverses dimensions, ce qui donne une production mensuelle par feu de 17.000 k. de fer, chômages compris. Leur consommation, pendant le même temps, s'est élevée à 571.510 k. de fonte, et à 6.674 caisses de charbon de 10 pieds cubes l'une, c'est-à-dire par 1000 k. de fer obtenu, à

Fonte.	1384k.
Charbon (16 1/6 caisses de 10 pieds cubes l'un).	5ᵐ³,54

Pendant l'année précédente, comprise entre le 1er juin 1837 et le 1er juin 1838, les mêmes feux avaient produit 452.707 k. de fer marchand, ou 18.800 k. de fer par mois et par feu, avec 624.720 k. de fonte et 9.598 caisses de charbon de 10 pieds cubes l'une, c'est-à-dire qu'ils consommaient par 1.000 k. de fer fabriqué :

Fonte.	1380k.
Charbon (21 1/5 caisses de 10 pieds cubes).	7ᵐ³,27

Il en résulte que la production en fer et la consommation en fonte étant à peu près les mêmes, les feux voûtés ont procuré une économie de 1ᵐ³,73 de charbon sur 7ᵐ³,27, ou de 23 p. 0/0.

Usine de Marey. Les deux feux d'affinerie bourguignons de l'usine de Marey, qui ont été voûtés dans le mois d'avril 1838, ont produit, depuis le 1er mai de cette année jusqu'au 1er mai 1839, ou pendant un rou-

Digitized by Google

lement de 12 mois, 430.041 k. de fer marchand, ce qui fait par mois et par feu 17.900 k. de fer, chômages compris. Leur consommation s'est élevée à 586.316 k. de fonte et à 5.407 caisses de charbon de 12 1/2 pieds cubes l'une, ou par 1.000 k. de fer obtenu, à

Fonte.	1363k.
Charbon (12 7/10 caisses de 12 1/2 pieds cubes).	5m3,41

Pendant l'année précédente, c'est-à-dire depuis le 1er mai 1837 jusqu'au 1er mai 1838, on avait obtenu dans les mêmes feux non couverts 421.316 k. de fer ou 17.500 k. par mois et par feu, en consommant 569.890 k. de fonte et 9.100 caisses de charbon de 12 1/2 pieds cubes, ce qui correspondait, par 1,000 k. de fer, à

Fonte.	1357k.
Charbon (16 5/6 caisses de 12 1/2 pieds cubes l'une).	7m3,09

On voit donc que, toutes choses étant à peu près égales d'ailleurs relativement à la consommation en fonte et à la production mensuelle en fer, l'économie de combustible obtenue dans les feux voûtés s'est élevée à 1m3,60 sur 7m3,09, ou à 23 p.0/0.

CHAPITRE II.

UTILISATION DES CHALEURS PERDUES.

Les feux d'affinerie couverts sont loin d'utiliser dans leur intérieur toute la chaleur que peut fournir le charbon qu'ils consomment, car les gaz qui en proviennent sont essentiellement combustibles et susceptibles de produire une température élevée, quand on les introduit dans un four rece-

vant d'ailleurs un volume convenable d'air atmosphérique (1). A cet effet, on les recouvre non plus d'une voûte, mais d'un rampant qui conduit les gaz dans le four qu'ils doivent échauffer par leur combustion, c'est-à-dire par leur combinaison avec l'oxygène de l'air atmosphérique, et on développe ainsi une chaleur de 1.200 à 1.300 degrés centigrades, qui sert :

1° Pour chauffer les barreaux de fer destinés à la

(1) Il est facile de démontrer à priori que ces gaz doivent renfermer de l'azote, de l'hydrogène carboné et de l'oxyde de carbone, sans acide carbonique. En effet, considérons le feu d'affinerie comtois qui est celui des trois feux d'affinerie dans lequel on lance le plus d'air relativement au charbon qu'il consomme, et où l'on reporte la plus forte proportion de scories produites par l'affinage : s'il reçoit en moyenne par minute $3^{m3},09$ d'air à la pression atmosphérique, comme nous l'avons établi par nos calculs, le volume d'air introduit, pendant la durée de l'affinage qui est ordinairement de 135 minutes, sera de $417^{m3},15$. Un mètre cube d'air à la température zéro et sous la pression de $0^{m},76$ de mercure pesant $1^{k.},30$, son poids à la température moyenne de 12° et sous la pression de $0^{m},75$ sera égal à $\frac{1^{k},30 \times 0,75}{0,76(1+0,004 \times 12)} = 1^{k.},24$, de telle sorte que les $417^{m3},15$ pèseront $517^{k.}$ et contiendront $120^{k.}$ d'oxygène, avec $397^{k.}$ d'azote. La quantité de fer donnée par une opération est de $65^{k.}$ et provient de $88^{k.}$ de fonte qui, en supposant que cette fonte renferme 4 p. 0/0 de carbone tant libre que combiné, et 1,25 p. 0/0 de silicium, contiendront $3^{k.},52$ de carbone et $1^{k.},10$ de silicium. Or $3^{k.},52$ de carbone exigeront $4^{k.},60$ d'oxygène pour être convertis en oxyde de carbone, et $1^{k.},10$ de silicium prendront $1^{k.},20$ d'oxygène pour passer à l'état de silice. Par conséquent il résultera de cette transformation que $114^{k.},20$ d'oxygène resteront pour la combustion du charbon et l'oxydation du fer qu'entraînent les scories formées. Un feu comtois produit, par $1000^{k.}$ de fer, $450^{k.}$ environ de scories pauvres et riches, ou $29^{k.}$ par loupe,

Digitized by Google

fabrication de la verge de tirerie, du fer martiné ou du fer fendu;

2° Pour chauffer des barreaux d'acier servant à la fabrication des feuillards soumis à la corroyerie;

3° Pour chauffer les plaques de fer avec lesquelles on fabrique les tôles laminées ou platinées;

---

et on y reporte, à chaque opération, les scories riches dont le poids peut être évalué à 10k., d'où il suit que, pendant la durée de l'affinage, l'oxygène de l'air lancé dans le feu oxyde le fer de 19k. de scories pauvres, que l'on peut supposer contenir 60 p. 0/0 de protoxyde de fer, ou 11k.,40, dans lesquels se trouvent 2k.,58 d'oxygène; il restera donc 111k.,62 d'oxygène pour la combustion du charbon. Nous avons dit qu'un feu comtois voûté, roulant à l'air froid, consommait ordinairement 7 mètres cubes de charbon par 1000k. de fer, ou 0m³,455 par loupe donnant 65k. de fer. Le poids de cette quantité de charbon pouvant être évalué à 78k.,28, à raison de 216k. pour le mètre cube, et le charbon renfermant 88 p. 0/0 de carbone pur, les 98k.,28 de charbon contiendront 86k.,48 de carbone, à la combustion duquel seront employés les 111k.,62 d'oxygène fournis par l'air lancé. Comme 86k.,48 de carbone exigeraient 113k.,11 d'oxygène pour être convertis en oxyde de carbone, l'oxygène introduit ne serait pas en proportion tout à fait assez forte pour transformer en oxyde de carbone tout le carbone du charbon consommé, surtout s'il s'échappe un peu d'air non décomposé, et si tout le vent qui sort des buses ne pénètre pas dans le foyer, ce qui est probable. Mais il faut remarquer que le vent entraîne un peu de charbon à l'état de fraisil, et que les gaz produits doivent être accompagnés de particules de carbone, puisqu'ils brûlent avec un flamme très-lumineuse. Ainsi, toute compensation faite, il est probable qu'il ne se forme pas d'autres gaz carbonés que de l'oxyde de carbone et un peu d'hydrogène carboné provenant de l'hydrogène que renferme toujours le charbon.

Digitized by Google

4° Pour chauffer des feuilles de tôle destinées au décapage;

5° Pour recuire le fil de fer;

6° Pour dessécher le bois employé dans les feux d'affinerie ou dans les hauts-fourneaux;

7° Enfin, pour chauffer des appareils à air chaud.

Nous allons passer en revue ces différentes applications, en indiquant la quantité de combustible qu'a remplacée, dans chaque cas, la chaleur perdue, ce qui nous permettra de déterminer la valeur calorifique moyenne des gaz combustibles qui s'échappent des feux d'affinerie.

1° Chauffage des barreaux de fer destinés à la fabrication de la verge de tirerie. Usine de l'Isle-sur-le-Doubs.

Les barreaux qu'on emploie dans l'usine de l'Isle-sur-le-Doubs pour la fabrication de la verge cylindrée n° 23, de 6 millimètres de diamètre, avec laquelle on obtient des fils de fer de diverses dimensions, ont 30 millimètres de côté en carré, et leur longueur varie de $0^m,60$ à $1^m,25$. Le four à chaleur perdue, dans lequel on les chauffe, a $2^m,20$ de longueur, sur une $1^m,00$ de largeur et $0^m,35$ de hauteur. L'ouverture d'introduction des gaz combustibles a 1 mètre de longueur, sur 27 centimètres de hauteur en son milieu, et son bord inférieur se trouve à $1^m,50$ du fond du foyer d'affinerie. Le four a deux portes; on introduit d'abord les barreaux, au nombre de 18 à 20, par l'ouverture la plus éloignée du feu d'affinerie, et ensuite on les expose au maximum de température, en les introduisant par la porte qui en est la plus voisine. Chaque charge pèse 160 kilogr. environ, et on en passe 16 en 24 heures; mais il y a des interruptions, sans quoi on pourrait chauffer, en 24 heures, 18 charges pesant ensemble 2.700 kilog. Après ce chauffage, les barreaux sont étirés

aux cylindres, qui les transforment en verge de tirerie ou en feuillard pour cercles, et ils éprouvent par cette transformation un déchet de 5 à 6 p. o/o.

Quand le feu d'affinerie est en chômage, on chauffe les mêmes barreaux dans un four à réverbère qui consomme de la houille de Gemouval. Les charges pèsent 200 à 225 kilogrammes, et leur chauffage se fait en une heure un quart; de sorte qu'on peut passer en vingt-quatre heures 4 à 5.000 kil. de barreaux. On consomme en moyenne, par 1.000 kil. de verge cylindrée, 4,57 hectolitres de houille de Gemouval pesant 343 kil., et le déchet des barreaux après l'étirage s'élève à 7 ou 8 p. o/o.

Les 2.700 k. de barreaux qu'on peut passer en 24 heures dans le four à chaleur perdue, donnant, d'après ce que nous avons dit ci-dessus, 2.550 k. de verge de tirerie, leur chauffage à chaleur perdue a pour équivalent 875 kil. de houille de Gemouval, qui représentent 656 kil. environ de houille de première qualité de Rive-de-Gier, en supposant son effet calorifique inférieur de 25 p. o/o. Ainsi, par heure, la chaleur perdue, appliquée au chauffage des barreaux de tirerie, correspond à 27^{k},03 de houille de Rive-de-Gier, mais il faut y ajouter la chaleur consommée par le chauffage de l'air, à la température de 120 degrés, que nous dirons plus tard être équivalente à 3^{k},90 de houille de Rive-de-Gier, d'où il suit que la chaleur perdue utilisée à l'Isle-sur-le-Doubs, pour le chauffage des barreaux de tirerie, peut être représentée par 30^{k},93 de houille de Rive-de-Gier.

Les barreaux de fer fabriqués à l'usine d'Audincourt ont 32 millimètres de côté en carré, et leur Usine d'Audincourt.

longueur varie de $0^{m},50$ à $1^{m},60$. On les convertit soit en petit fer carré ou méplat de diverses dimensions, soit en cercles pour tonneaux de 20 à 40 millimètres de largeur, soit en fer rond de 8 à 22 millimètres de diamètre, soit enfin en verge de tirerie de 6 à 7 millimètres de diamètre. A cet effet, on les chauffe dans un four à chaleur perdue de $2^{m},60$ de longueur, sur $1^{m},50$ de largeur, et dont la voûte est un peu surbaissée à partir de l'extrémité par laquelle arrive la flamme, jusqu'à celle où se trouve la cheminée, de manière que sa hauteur est de 22 centimètres d'un côté et de 16 centimètres de l'autre. L'ouverture d'introduction de la flamme a 1 mètre de longueur, sur 16 centimètres de hauteur en son milieu, et la section horizontale de la cheminée a 43 centimètres sur 19. On peut chauffer en 24 heures, dans le four à chaleur perdue, 2.500 kil. de fer en barreaux qui donnent 2.375 kil. de fer étiré aux cylindres, le déchet étant de 5 p. o/o environ.

En été, quand les eaux ne permettent pas de faire rouler les feux d'affinerie, on chauffe les mêmes barreaux dans un four à la houille où la consommation moyenne s'élève à 4 hectolitres ou 300 kilogrammes de houille de Rive-de-Gier par 1.000 kil. de fer étiré aux cylindres.

Ainsi, pour chauffer les 2.500 kil. de fer étiré qu'on passe en 24 heures dans le four à chaleur perdue, il faudrait 712 kil. de houille de Rive-de-Gier, ou, par heure, $29^{k},66$ de cette houille, auxquels il faut ajouter $2^{k},00$ environ pour chauffer à 80° l'air lancé dans le feu d'affinerie, de sorte que l'effet calorifique total de la chaleur utilisée équivaut, par heure, à $31^{k},66$ de houille de Rive-de-Gier.

Digitized by Google

Usine du moulin Bardot.

Les barreaux de tirerie de l'usine du moulin Bardot ont 30 centimètres de côté en carré, et leur longueur varie de $0^m,70$ à $1^m,20$. On les convertit en verge cylindrée n° 23, de 6 millimètres de diamètre, après les avoir chauffés dans un four à chaleur perdue, qui a $2^m,30$ de longueur, sur $1^m,40$ de largeur, près de l'ouverture d'introduction de la flamme, et $1^m,00$ près de la porte de service, sa hauteur moyenne étant de 33 centimètres. Les gaz combustibles y pénètrent par une ouverture de 1 mètre de largeur, sur 16 centimètres de hauteur en son milieu, et dont le bord inférieur se trouve à $1^m,28$ du fond du feu d'affinerie. La charge, qui se compose de 25 barreaux pesant 175 à 180 kil., se chauffe en 1 heure 1/4 à 1 heure 1/2, et on peut passer en 24 heures 16 à 17 charges, ou 3.000 kil. de fer en barreaux, avec lesquels on obtient 2.880 kil. de verge cylindrée n° 23, le déchet étant de 4 p. o/o.

Avant l'établissement de l'usine du moulin Bardot, on fabriquait la verge de tirerie à l'usine d'Alangis au moyen du martinet, et on consommait, par 1.000 kil. de verge de tirerie, 40 pieds cubes de menu charbon pesant ensemble 256 kil. environ. Si on suppose à ce combustible un pouvoir calorifique inférieur de 15 p. o/o. à celui de la houille de première qualité de Rive-de-Gier, les 240 kil. consommés auront pour équivalent 216 kilogr. de cette houille. Par conséquent, le chauffage à chaleur perdue des 3.000 kil. de barreaux donnant 2.880 kil. de verge cylindrée, peut être représentée par 722 kil. de houille de Rive-de-Gier, d'où il résulte que l'effet calorifique produit par heure a pour équivalent 30 kil. de houille.

Usine de la Branleure et d'Alangis.

Les barreaux qu'on emploie dans les usines de la Branleure et d'Alangis pour la fabrication du

fer martiné ont 30 millimètres de côté en carré, et leur longueur varie de 1m,60 à 2 mètres. Les fours à chaleur perdue, dans lesquels on les chauffe, ont 1m,60 à 1m,70 de longueur, sur 0m,90 à 1m,00 de largeur, et 35 à 38 centimètres de hauteur moyenne. La flamme y pénètre par une ouverture de 70 à 80 centimètres de longueur, sur 16 à 20 de hauteur en son milieu. Pour chauffer les barreaux, on les introduit dans le four sur les trois quarts de leur longueur, par l'une des 12 ou 15 petites ouvertures de 4 centimètres de côté en carré, dont est pourvue une plaque en fer de 0m,90 à 1m,00 de longueur, sur 10 centimètres de hauteur, placée à l'entrée du four. Lorsqu'un barreau est suffisamment chaud, le martineur le saisit, pour le forger, par la partie qui se trouvait hors du four; mais on ne chauffe à la fois que 5 ou 6 barreaux, à cause du temps fort long qu'exige le forgeage au martinet, et, dès qu'un barreau est retiré, on le remplace par un autre qui est froid. Chaque barreau séjourne dans le four 60 minutes environ pour atteindre la température du blanc soudant, et on peut étirer, en 24 heures, au martinet, quand il roule sans interruption, 400 kil. de fer en petits échantillons.

Dans ces mêmes usines ou dans leurs dépendances, lorsque les feux d'affinerie sont en chômage, on fabrique le fer martiné en chauffant les barreaux dans des feux de martinet ordinaires, qui consomment soit du menu charbon, soit un mélange de menu charbon et de houille. Ainsi, à Alangis, on brûle dans le feu de martinet 45 pieds cubes de menu charbon pesant 280 kil. environ par 1.000 kil. de fer martiné, lesquels équivalent, pour le pouvoir calorifique, à 238 kil. de bonne

Digitized by Google

houille; et, aux martinets d'Aillevillers et de la Chaudeau, la consommation s'élève, par 1.000 kil. de fer martiné, à 25 pieds cubes de menu charbon pesant 156 kil., plus 2 hectolitres de houille de Gouhenans pesant 150 kil., consommation qui équivaut à 220 kil. environ de bonne houille, le menu charbon représentant 132 kil. d'un tel combustible, et la houille de Gouhenans, 113 kil. Il en résulte qu'en moyenne la consommation est de 241 kil. de houille de Rive-de-Gier par 1.000 kil. de fer martiné. Or, comme on ne chauffe, dans un four à chaleur perdue, que 400 kil. de fer ou barreaux donnant 380 kil. de fer martiné, à raison d'un déchet de 5 p. 0/0, il s'ensuit que la chaleur perdue utilisée pour le travail au martinet, est représentée par $91^k,58$ de houille pour 24 heures ou par $3^k,81$ de houille par heure. Ce résultat prouve que le chauffage du fer destiné à l'étirage au martinet est loin d'utiliser toute la chaleur perdue, ainsi qu'il était facile de le prévoir d'après la lenteur du forgeage, qui s'oppose à ce qu'on chauffe beaucoup de fer à la fois dans le four à chaleur perdue.

Usine du Clos-Mortier.

On emploie à l'usine du Clos-Mortier, pour les fendre en petites verges de diverses dimensions, des fers plats de 67 à 90 millimètres de largeur sur 13 à 22 millimètres d'épaisseur, fabriqués à la houille par la méthode champenoise. Ces fers sont chauffés successivement dans deux fours superposés qui reçoivent la chaleur perdue de l'un des deux feux d'affinerie. Le four inférieur, dont la sole incline d'environ 15 degrés, a $4^m,00$ de longueur, sur $1^m,07$ de largeur et $0^m,16$ de hauteur moyenne. Le four supérieur, qui reçoit la chaleur perdue du four inférieur, a $2^m,15$ de longueur, sur $0^m,81$ de largeur et $0^m,40$ de hauteur moyenne, et on y

chauffe d'abord le fer à fendre. Il faut ordinairement 4 heures 1/2 pour chauffer et fendre 800 kil. de fer plat, de sorte qu'on peut passer en 24 heures, dans le four inférieur, 4.250 kil. de fer, dont le déchet est de 4 p. 0/0 environ.

Avant l'établissement des deux fours à chaleur perdue, le four de fenderie était chauffé avec du bois, dont on consommait 36 pieds cubes ou $1^{st},23$ par 1.000 kil. de verges de diverses dimensions. Par conséquent, il aurait fallu $4^{st},92$ de bois pour chauffer les 4,000 k. de verges provenant des 4.250 kil. de fer plat, qu'on peut chauffer en 24 heures dans les deux fours à chaleur perdue. En supposant le poids du stère de bois employé de 360 kil., et son pouvoir calorifique égal aux 3/7 de celui de la houille de Rive-de-Gier, les $4^{st},92$ pesant 1.771 kil. seraient représentés par 759 kil. de houille de Rive-de-Gier. Ainsi, l'effet calorifique produit aurait pour équivalent, par heure, $31^{k},62$ de houille de Rive-de-Gier.

2° Chauffage des barreaux d'acier destinés à la fabrication des feuillards employés pour la corroyerie. Usine du Pont-du-Bois.

Les barreaux d'acier naturel, avec lesquels on fabrique, à l'usine du Pont-du-Bois, les languettes dont on forme les trousses qui sont soumises à la corroyerie, ont 35 millimètres de largeur, sur 30 d'épaisseur, et leur longueur varie de 32 à 64 centimètres. On les chauffe, avant de les passer aux cylindres, dans un four qui reçoit les gaz combustibles de l'un des deux feux d'affinerie de cette usine. Ce four a 2 mètres de longueur, sur 1 mètre de largeur et 25 centimètres de hauteur moyenne. Les barreaux d'acier y sont chauffés au nombre de 50, pesant 250 kil. environ, et il faut 3 heures pour chauffer et laminer une fournée, de sorte qu'on peut chauffer en 24 heures 2.000 kil. de barreaux qui donnent, par l'étirage, 1.920 kil. de

Digitized by Google

languettes, le déchet étant de 4 p. o/o. Ces languettes, dont la longueur varie en raison de celle des barreaux d'acier, ont 54 millimètres de largeur sur 4 à 5 d'épaisseur, et on les brise en morceaux longs de 40 à 45 centimètres, pour en former les trousses destinées à la corroyerie.

Avant 1820, on obtenait les languettes d'acier pour la corroyerie, en chauffant les barreaux dans un feu de martinet où l'on consommait 52 pieds cubes ou 1^{m},78 de charbon pesant 416 kil. par 1.000 kil. de languettes. De 1820 à 1830, on les fabriquait en chauffant les barreaux dans un petit four à la houille, semblable à ceux qu'on emploie pour le chauffage des trousses à corroyer, et on y consommait, par 1.000 kil. de languettes, 5 hectolitres de houille de Rive-de-Gier, pesant environ 375 kil. Ainsi, la fabrication journalière des 1.920 kil. de languettes provenant des 2.000 kil. de barreaux, qu'on chauffe en 24 heures dans le four à chaleur perdue, avait lieu, d'une part, avec 799 kil. de charbon de bois, de l'autre, avec 720 kil. de houille de Rive-de-Gier. Comme le pouvoir calorifique de 799 kil. de charbon correspond à peu près à celui de 720 kil. de houille, à raison d'une différence de 10 p. o/o en faveur de la houille, on doit admettre que les deux sortes de consommation étaient équivalentes, et que l'effet calorifique, résultant par heure de la chaleur perdue de l'un des feux d'affinerie de l'usine du Pont-du-Bois, appliquée au chauffage des barreaux d'acier, est représenté par 30 kil. de houille de Rive-de-Gier.

A Audincourt, le fer destiné à la fabrication de la tôle est forgé au marteau en plaques dites *largets*, de 10 centimètres de largeur sur 22 à 27 3° Chauffage des plaques de fer destinées à la fabrication des

Digitized by Google

Tôles laminées ou platinées. Usine d'Audincourt.

millimètres d'épaisseur, et dont la longueur varie de 1m,20 à 1m,80. Ces largets donnés immédiatement par les feux d'affinerie, sont chauffés dans un four à chaleur perdue, pour être convertis par un premier laminage en *languettes*. Ce four a 5m,20 de longueur sur 2 mètres de largeur; sa hauteur est de 19 centimètres près de l'ouverture par laquelle entre la flamme, et de 13 centimètres à l'extrémité opposée où se trouve la cheminée; l'ouverture d'introduction de la flamme a 1m,13 de longueur, sur 16 centimètres de hauteur en son milieu; la section de la cheminée a 43 centimètres sur 10; une porte, située près de la cheminée, sert pour introduire les largets dans le four, et une autre porte, voisine du feu d'affinerie, sert pour les en sortir, quand ils ont acquis la température du rouge-blanc. Les largets sont placés, au nombre d'une vingtaine et les uns contre les autres, sur deux barres de fer longitudinales; et quand on en a retiré un pour le passer au laminoir, on fait avancer en même temps tous ceux qui restent, de la largeur d'un larget, au moyen d'un levier mû par une manivelle à engrenages; puis on place un larget froid dans le vide produit par leur avancement. De cette manière, le four est toujours rempli de largets, et on utilise continuellement la chaleur perdue du feu d'affinerie, dont on se sert en outre pour chauffer un appareil à air chaud. On peut chauffer, en 24 heures, 250 à 270 largets pesant ensemble 8.000 kil. environ, lesquels éprouvent un déchet de 2 $\frac{1}{2}$ p. o/o, pour être convertis en languettes de 6 à 13 millimètres d'épaisseur. Ces languettes, dont la longueur varie de 2m,60 à 4m,80, leur largeur étant la même à peu près que celle des largets, sont divisées à la ci-

Digitized by Google

saille en morceaux, auxquels on donne le nom de *bidons*, et qui ont 22 à 40 centimètres de longueur, selon les dimensions de la tôle qu'on veut obtenir.

Ces bidons sont chauffés aussi dans un four à chaleur perdue, pour être convertis en feuilles dites semelles, par un second laminage, et le même four sert au chauffage des semelles qui, après un troisième laminage, sont pliées en deux, puis chauffées de nouveau, laminées pour la quatrième fois, dédoublées, pliées encore en deux, chauffées, et enfin laminées pour la cinquième fois; après quoi, elles sont dédoublées, coupées en deux et rognées, pour donner les feuilles qui, après le décapage, constituent le fer noir, ou sont étamées et converties en fer blanc. Deux fours qui reçoivent chacun la chaleur perdue d'un feu d'affinerie, sont nécessaires pour le chauffage des bidons et semelles provenant des largets qu'on chauffe dans le premier four dont nous avons parlé. Ces deux fours ont 4 mètres de longueur, sur $1^{m},62$ de largeur; la flamme y pénètre par une ouverture qui a $1^{m},16$ de longueur, sur $0^{m},19$ de hauteur en son milieu; leur cheminée, haute de $11^{m},60$, a intérieurement 48 centimètres de côté en carré. Ils se divisent en trois parties : la première, ou la plus voisine du feu d'affinerie, qui a $0^{m},65$ de longueur sur $0^{m},19$ de hauteur, sert au chauffage des bidons; la seconde partie, qui se trouve à $0^{m},80$ en contre-bas de la première, a $1^{m},62$ de longueur, sur $1^{m},00$ de hauteur, et reçoit les semelles pliées en deux; enfin, la troisième partie a aussi $1^{m},62$ de longueur, mais sa hauteur n'est que de $0^{m},73$, un petit espace destiné au recuit de la tôle se trouvant au-dessous, et on y effectue les deux derniers

Digitized by Google

chauffages des semelles. Ces trois parties ne sont d'ailleurs séparées par aucun mur; leurs voûtes sont dans le même prolongement, et elles ont chacune une porte de service. Indépendamment du chauffage des bidons et des semelles, les gaz combustibles de chaque feu d'affinerie chauffent l'appareil à air chaud dont il est pourvu.

Chacun des deux fours à chaleur perdue destinés au chauffage des bidons et des semelles donne, en 24 heures, 1.000 kil. de tôle toute rognée, de diverses dimensions, propre à être convertie en fer noir ou en fer blanc. Par conséquent, les chaleurs perdues des trois feux d'affinerie chauffent en 24 heures, à partir des largets jusqu'aux feuilles de tôle, tout le fer brut ou laminé qui produit 2.000 kil. de tôle; et comme le déchet total, rognures comprises, s'élève à 29 p. 0/0 environ, il en résulte que leur effet calorifique, en 24 heures, est représenté par la conversion en tôle de 2.800 kil. de fer brut en largets et par le chauffage de trois appareils à air chaud.

Ce n'est que depuis 1832 qu'on utilise à Audincourt les chaleurs perdues des feux d'affinerie, pour la fabrication de la tôle. Antérieurement, on chauffait les largets, les bidons et les semelles dans des fours alimentés avec de la houille de Ronchamp, et on consommait 1.000 kil. de cette houille par 1.000 kil. de tôle, consommation à réduire d'un dixième ou à 900 kil. pour avoir son équivalent en houille de Rive-de-Gier de première qualité.

Ainsi, la valeur calorifique des chaleurs perdues des trois feux d'affinerie, utilisées pour la fabrication de la tôle, est représentée par 18.000 k. de houille de Rive-de-Gier, à raison d'une fabri-

Digitized by Google

cation journalière de 2.000 kil. de tôle, d'où il suit que la chaleur perdue d'un four aura pour équivalent, en 24 heures, 600 kil. de houille de Rive-de-Gier, ou, par heure, 25 kil. de cette houille, plus 2 kil. environ pour le chauffage de l'air à la température de 80 degrés, ou, au total, 27 kil. de houille de Rive-de-Gier.

Le fer des deux feux d'affinerie de l'usine de Frelan est converti en largets par le forgeage immédiat des massiaux provenant des loupes. Ces largets sont transportés à l'usine de Bains, dont celle de Frelan est une dépendance, pour être convertis en languettes après un chauffage dans un four à chaleur perdue, comme on le fait à Audincourt. Les languettes sont ensuite ramenées à Frelan, où elles sont coupées à la cisaille en bidons qui ont 37 à 48 centimètres de longueur, sur une largeur de 13 centimètres, la même que celle des largets, et une épaisseur de 5 à 12 millimètres, proportionnée à celle des feuilles de tôle qu'on veut obtenir. Ce sont ces bidons qu'on transforme en tôle, après quatre laminages successifs et pareil nombre de chauffages dans un four à chaleur perdue, divisé en trois compartiments par de petits murs en briques de 13 centimètres de hauteur, établis perpendiculairement à leur longueur, et s'élevant à 15 centim. de la voûte. Le premier compartiment, ou le plus voisin du feu d'affinerie, a 48 centimètres de longueur; le second, $1^m,13$; et le troisième, à l'extrémité duquel se trouve la cheminée, est long de $1^m,30$. Ils ont d'ailleurs, tous les trois, pour largeur celle du four, qui est de $1^m,13$, et leur hauteur est de 35 centimètres. Les gaz combustibles arrivent dans le premier compartiment par un espace de $1^m,00$ de largeur, Usine de Frelan.

Digitized by Google

sur 22 centimètres de hauteur, existant entre le premier mur et la voûte. C'est dans ce compartiment, où la température est le plus élevée, que l'on chauffe les bidons pour les convertir en semelles; on en met 25 à la fois, et on les y laisse pendant 30 minutes environ. Les semelles qu'ils produisent sont placées, l'une après l'autre, dans le troisième compartiment, où elles séjournent pendant 10 minutes seulement; puis, elles sont laminées, pliées en deux et placées au fur et à mesure dans le compartiment du milieu, où elles sont chauffées pendant 7 à 8 minutes. Après ce troisième chauffage, on les lamine de nouveau, on les dédouble, on les plie encore en deux, et on les introduit successivement dans le troisième compartiment, où leur dernier chauffage exige 7 à 8 minutes, comme le précédent. Enfin, on les lamine une quatrième fois, et on obtient deux nouvelles feuilles accolées qu'on dédouble. Chacune de ces dernières feuilles, coupée en deux et rognée à la cisaille, donne une feuille de tôle, dont les dimensions dépendent de celles des bidons. Les feuilles de tôle ainsi obtenues avec un déchet de 30 p. 0/0 sur le poids des largets, sont transportées à l'usine de Bains, pour y être décapées et converties soit en fer noir immédiatement, soit en fer blanc après l'étamage. On obtient ordinairement en 24 heures, par le chauffage des bidons et des semelles dans les trois compartiments du four, 6.000 feuilles de tôle qui pèsent 1.200 kil. lorsqu'elles sont en tôle mince, et 1.600 kil. quand elles sont en tôle forte.

Avant 1833, époque de la construction du four à chaleur perdue de l'usine de Frelan, on chauffait les bidons dans un four à la houille, et les semelles

Digitized by Google

dans un four alimenté avec du bois. La consommation dans ces deux fours s'élevait, par 1.000 kil. de tôle rognée, à 4 hectolitres de houille de Ronchamp pesant 300 kil., et à 50 pieds cubes=1st.,71 de bois pesant 616 kil. environ, à raison de 360 kil. par stère. Les 300 kil. de houille de Ronchamp pouvaient équivaloir à 270 kil. de houille de Rive-de-Gier, à raison d'une diminution de 10 p. o/o sur son pouvoir calorifique, et les 616 kil. de bois, à 264 kil. de cette houille, en supposant son pouvoir calorifique égal aux $\frac{3}{7}$ de celui de la houille de Rive-de-Gier. Ainsi, avant 1833, la consommation totale en combustible équivalait à 534 kil. de houille de Rive-de-Gier par 1.000 kil. de tôle fabriquée.

Nous avons dit ci-dessus que l'on chauffait en vingt-quatre heures, dans le four à chaleur perdue, les bidons et semelles qui donnaient 6.000 feuilles de tôle pesant 1.200 à 1.600 kil., selon leurs dimensions. Si nous prenons 1.400 kil. pour leur poids moyen, il aurait fallu précédemment 747k,6 de houille de Rive-de-Gier pour les obtenir. Par conséquent, l'effet calorifique de la chaleur perdue du feu d'affinerie de Frelan équivaut, par heure, à 31k,15 de houille de Rive-de-Gier.

L'usine de Magnoncourt est une dépendance de l'usine de la Chaudeau, où la fabrication de la tôle est analogue à celle qui a lieu à Frelan. Les largets que donne le feu d'affinerie sont transportés à la Chaudeau, où ils sont convertis en languettes avec ceux qui proviennent des quatre feux d'affinerie de cette usine; mais cette conversion, au lieu de se faire par un chauffage à chaleur perdue, comme à Audincourt et à Bains, s'effectue en chauffant les largets dans un four à réverbère qui **Usine de Magnoncourt.**

Digitized by Google

consomme 400 kil. de houille de deuxième qualité provenant de Gouhenans, par 1.000 kil. de languettes. Celles-ci sont coupées à la cisaille en bidons de 37 à 48 centimètres de longueur, sur 13 centimètres de largeur et une épaisseur qui varie de 5 à 11 millimètres, selon les dimensions de la tôle à fabriquer. Ce sont ces bidons qui sont chauffés à Magnoncourt dans un four à chaleur perdue, divisé en deux compartiments, dont l'un, le plus voisin du feu d'affinerie, a $1^m,07$ de longueur, et l'autre, qui communique avec la cheminée, est long de $1^m,46$; leur largeur est de $1^m,30$; leur hauteur, de $0^m,54$; et ils sont séparés par un petit mur en briques de 21 centimètres de hauteur, sur 10 de largeur. Un mur en briques de pareilles dimensions sépare le premier compartiment de l'espace occupé, au-dessus du foyer d'affinerie, par les gaz combustibles qui se rendent dans le four à chaleur perdue, par une ouverture large de $1^m,30$ et haute, en son milieu, de 18 centimètres.

Les bidons sont placés, au nombre de 40, dans le premier compartiment, où ils demeurent pendant une heure, pour atteindre la température du rouge blanc. On les passe ensuite au laminoir, pour les convertir en feuilles qui sont portées, l'une après l'autre, dans le deuxième compartiment du four, où elles sont chauffées pendant 15 à 20 minutes. Après ce second chauffage, les semelles sont laminées de nouveau, et on les plie en deux pour faire ce qu'on appelle les *paquets* qu'on chauffe encore dans le second compartiment pendant 15 à 20 minutes. Les paquets, lorsqu'ils ont été laminés, sont dédoublés, et chaque feuille repliée en deux est chauffée pour la troisième fois dans le second compartiment, pendant 15 à 20 minutes. Enfin un

Digitized by Google

quatrième laminage donne les feuilles qui, dédoublées, coupées en deux et rognées, doivent être décapées pour être livrées au commerce à l'état de fer noir, ou pour être converties en fer blanc au moyen de l'étamage. On estime que les bidons éprouvent un déchet de 30 p. 0/0, pour être transformés en feuilles de tôle rognée.

On peut faire en vingt-quatre heures, dans le premier compartiment, 20 fournées de 40 bidons produisant chacune 8 feuilles de tôle; et, comme on chauffe dans le deuxième compartiment la totalité des semelles et paquets en provenant, il s'ensuit qu'on peut obtenir en vingt-quatre heures 6.400 feuilles de diverses dimensions, dont le poids total, lorsqu'elles ont été rognées, varie de 1.200 à 1.600 kil., ou s'élève en moyenne à 1.400 kil.

L'usine de Magnoncourt possède deux fours à la houille qu'on emploie, en été, pour le chauffage des bidons, semelles et paquets, quand les eaux sont trop basses pour que le laminoir puisse rouler en même temps que la machine soufflante et le marteau du feu d'affinerie. On chauffe dans l'un de ces fours les bidons, et on y fait 20 fournées de 40 bidons en vingt-quatre heures, comme dans le premier compartiment du four à chaleur perdue, de sorte que la production journalière s'élève aussi, par le chauffage à la houille, à 6.400 feuilles de tôle, le second four servant uniquement au chauffage des semelles et paquets qui y sont placés au fur et à mesure de leur laminage. On consomme par vingt-quatre heures, dans les deux fours, 13 hectolitres de houille de Gouhenans pesant 975 kil., dont le pouvoir calorifique peut être évalué, ainsi que nous l'avons déjà dit, aux $\frac{3}{4}$ de celui de la houille de Rive-de-Gier. Dans cette supposition,

Digitized by Google

l'effet calorifique produit par la chaleur perdue serait représenté par 731 kil. de houille de Rive-de-Gier, ou équivaudrait par heure à $30^{k},80$ de cette houille.

Usine de Bèze. L'usine de Bèze ne renferme qu'un seul feu d'affinerie, dans lequel on traite des fontes blanches de Bourgogne, pour obtenir du fer destiné à la fabrication des grosses tôles. La fonte qu'on emploie, est en saumons du poids de 31 à 32 kil.; et pour chaque affinage, on prend trois de ces saumons pesant ensemble environ 95 kil., qu'on a chauffés au préalable sur un petit autel carré de 65 centimètres de côté, qui se trouve au-dessus de la haire, à 80 centimètres de la plaque horizontale du chio. L'affinage de ces saumons dure deux heures et donne une loupe avec laquelle on obtient, par le cinglage, deux massiaux qui ont chacun 24 à 27 centimètres de longueur, sur 16 à 18 de largeur et 8 à 10 d'épaisseur, et dont le poids varie de 35 à 40 kil., d'où il suit que l'on consomme 1.200 à 1.250 kil. de fonte par 1.000 kil. de massiaux. Quant à la consommation en charbon, elle est de 120 pieds cubes $=4^{m s},10$ par 1.000 kil. de massiaux, et la production mensuelle s'élève à 23.000 ou 24.000 kil. de massiaux. Les languettes employées pour la fabrication des grosses tôles sont obtenues directement avec les massiaux qui, à cet effet, sont passés aux cylindres, après avoir été chauffés à la houille dans un four à réverbère qui reçoit 24 massiaux à la fois, dont le poids total est d'environ 900 kil. Il faut une heure et demie à une heure trois quarts pour les porter à la température d'un blanc soudant, plus une demi-heure pour les étirer en languettes, ou au total deux heures à deux heures un quart, de sorte

Digitized by Google

qu'on y chauffe, par jour, 9.600 à 10.000 kil. de massiaux. Les languettes en provenant ont une largeur uniforme de 13 centimètres et une épaisseur qui varie de 6 à 27 millimètres, suivant l'espèce de tôle qu'on veut obtenir. On consomme, par 1.000 kil. de languettes, 1.085 à 1.100 kil. de massiaux et 4 à 4 $\frac{1}{2}$ hectolitres ou 320 kil. de houille composée de $\frac{1}{3}$ de houille de Rive-de-Gier et de $\frac{2}{3}$ de houille de Saône-et-Loire. Les languettes coupées à la cisaille donnent les bidons, dont la longueur varie de 32 à 97 centimètres, suivant les dimensions de la grosse tôle qu'on doit fabriquer.

Les bidons de 32 à 54 centimètres de longueur, et les platines de tôle résultant de leur laminage, sont chauffés uniquement à la chaleur perdue du feu d'affinerie, dans un four composé de deux parties. L'un des compartiments, qui est le plus rapproché du feu d'affinerie, a pour longueur la largeur du four, qui est de 1^{m},30, sur 0^{m},48 de largeur et de hauteur. Un petit mur en briques, large de 10 centimètres, s'élève de 16 centimètres au-dessus de la sole de ce compartiment, et le sépare tant de l'autel sur lequel on chauffe les saumons de fonte, que de l'espace situé immédiatement au-dessus du feu d'affinerie, de manière que les gaz combustibles y arrivent par une ouverture large de 1^{m},30 et haute de 0^{m},32. Un autre mur également en briques, mais large de 22 centimètres et s'élevant à 16 centimètres de la voûte, sépare le premier compartiment du second. Celui-ci, dont la sole se trouve à 48 centimètres en contre-bas de celle du premier compartiment, a 2^{m},28 de longueur, sur 1^{m},30 de largeur et 0^{m},97 de hauteur. Chaque compartiment a d'ailleurs une porte de service, et la cheminée se trouve au-dessus de la porte du

Digitized by Google

second compartiment. On chauffe les bidons dans le premier compartiment, et chaque fournée, quand ils ont 32 à 54 centimètres de longueur, se compose, suivant leurs dimensions, de 20 à 30 bidons dont le poids est d'environ 80 kil. Il faut ordinairement une heure quinze minutes à une heure vingt minutes pour les enfourner, les chauffer et les laminer, d'où il suit qu'on y passe en vingt-quatre heures 1.450 à 1.500 kil. de bidons. Les platines en provenant, au fur et à mesure qu'elles sortent du laminoir, sont placées dans le second compartiment du four, de sorte que, quand la fournée des bidons est laminée, les premières platines sont déjà chaudes. On les passe alors au laminoir, puis on les plie en deux, pour en faire des paquets qu'on chauffe aussi dans le second compartiment. Lorsqu'ils ont acquis la température du rouge blanc, on les lamine, puis on les dédouble, et en les rognant, on obtient la grosse tôle. Quelquefois, pour certaines feuilles, il est nécessaire de chauffer une quatrième fois les paquets, auquel cas ce chauffage s'effectue, comme le troisième, dans le grand compartiment du four. La grosse tôle ainsi obtenue a besoin, pour être convertie en tôle marchande, d'être recuite, opération qui se fait dans un four à réverbère alimenté avec de la houille, où l'on consomme, par 1.000 kil. de tôle, 3 hectolitres ou 225 kil. de houille de Rive-de-Gier et de Saône-et-Loire mélangées comme il a été dit ci-dessus. Tout déchet compris, on estime qu'il faut 1.150 à 1.160 kil. de bidons pour 1.000 kil. de tôle marchande, la perte par l'oxydation étant de 1 $\frac{1}{2}$ à 2 p. 0/0, et celle des rognures, de 13 à 14 p. 0/0. Par conséquent, on fabrique en vingt-quatre heures, par

Digitized by Google

le chauffage à chaleur perdue des bidons, des platines et des paquets, 1.250 kil. de tôle marchande.

Pour la fabrication de la grande tôle, le chauffage à chaleur perdue est insuffisant, et on est obligé de chauffer les dernières feuilles à la houille, pour que les bidons ne demeurent dans le four que pendant le temps convenable. Ils ont, pour cette fabrication, 64 à 97 centimètres de longueur, et on les place toujours dans le premier compartiment du four. La fournée se compose de 15 à 20 bidons, selon leur poids qui est en moyenne de 120 kil., et il faut 1 heure 30 minutes à 1 heure 45 minutes pour les chauffer au rouge blanc et les étirer au laminoir, de sorte qu'on passe, en 24 heures, 1.800 à 1.900 kil. de bidons. Les premières platines qu'ils donnent, sont placées dans le grand compartiment du four, où elles reçoivent deux chaudes successives pendant le chauffage des bidons, et c'est après leur second laminage qu'on les chauffe deux fois à la houille. Ces chauffages à la houille se font successivement dans deux fours à réverbère, savoir : dans le four où l'on chauffe les massiaux, et dans un four situé près du four à chaleur perdue. Les tôles y sont placées par paquets de quatre ou de six, selon leur épaisseur ; et après les deux laminages qu'elles subissent, on les rogne pour obtenir la tôle marchande de grandes dimensions. Les deux chauffages à la houille exigent 11 hectolitres ou 825 kil. de houilles mélangées de Rive-de-Gier et de Saône-et-Loire par 1.000 kil. de tôle marchande, et on peut en obtenir 1.800 kil. par 24 heures.

Le chauffage à chaleur perdue des grosses tôles de moyennes dimensions, qui sont fabriquées sans consommation de houille, sauf leur re-

Digitized by Google

cuit, donne les moyens de calculer le pouvoir calorifique des gaz combustibles provenant du feu d'affinerie de l'usine de Bèze. En effet, avant 1837, toutes les tôles fabriquées étaient obtenues par le chauffage du fer brut et laminé dans deux fours à la houille, exigeant journellement 17 hectolitres de houille pour une production de 1.250 kil. de tôle finie, ce qui, en déduisant 3 hectolitres pour le recuit de la tôle, donne 10^{h},68 par 1.000 kil. de tôle marchande. Or, nous avons dit ci-dessus qu'on pouvait chauffer en 24 heures, dans les deux compartiments du four à chaleur perdue, 1.450 k. de bidons, donnant 1.250 kil. de tôle marchande; l'effet calorifique produit est donc représenté par 10^{h},68 ou 801 kil. de houilles mélangées de Rive-de-Gier et de Saône-et-Loire, que l'on peut supposer équivaloir à 721 kil. de houille de Rive-de-Gier, première qualité, à raison d'une différence de 10 p. 0/0, ce qui donne 30^{k},41 de houille de Rive-de-Gier pour l'équivalent, par heure, de cet effet calorifique.

Usine du Pont-du-Bois.

Nous avons dit que la chaleur perdue de l'un des deux feux d'affinerie comtois de l'usine du Pont-du-Bois était utilisée pour le chauffage des barreaux d'acier naturel destinés à l'étirage en feuillards de corroyerie ; l'autre feu d'affinerie est aussi pourvu d'un four à chaleur perdue, dans lequel on chauffe le fer en largets qu'on emploie pour la fabrication de la grosse tôle platinée. Ce four a 1^{m},60 de longueur, sur 1^{m},00 de largeur et 0^{m},35 de hauteur. Les gaz combustibles y arrivent par une ouverture large de 80 centimètres, et haute, en son milieu, de 20 centimètres. Les largets qui résultent du forgeage immédiat des massiaux donnés par les loupes, ont 1^{m},13 de lon-

Digitized by Google

gueur, sur 15 centimètres de largeur et 45 millimètres d'épaisseur. Pour les chauffer, on les introduit dans le four à chaleur perdue sur les trois quarts de leur longueur, afin que le platineur puisse les tenir par la partie laissée hors du four; et quand elles sont suffisamment chaudes, on les soumet au martelage sur la moitié de leur longueur. On en met trois à la fois dans le four, et on chauffe à trois reprises différentes les deux moitiés de chaque platine. Après le martelage, on rogne les feuilles à la cisaille pour en faire de la tôle marchande. Chaque feuille a $1^{m},13$ de longueur, sur 60 centimètres de largeur et 10 millimètres d'épaisseur, et pèse 50 à 55 kilogrammes. Le déchet est de 17 p. 0/0, savoir : 7 1/2 par l'oxydation et 9 $\frac{1}{2}$ par les rognures. Or, comme chacune des six chaudes nécessaires pour transformer en tôle les trois largets qu'on chauffe à la fois, dure 4 heures, on peut passer, en 24 heures, dans le four à chaleur perdue 18 feuilles qui donnent 940 kil. de tôle marchande.

Avant 1830, le four de platinerie se trouvait à l'usine du Bas-du-Mont, qui dépend de celle du Pont-du-Bois, et on y consommait, par jour, deux cordes ou $5^{st},47$ de petit bois, pour platiner également 18 feuilles de grosse tôle. Comme ces $5^{st},47$ devaient peser 1.641 kil., à raison de 300 kil. par stère, si on suppose que leur pouvoir calorifique était égal aux $\frac{3}{7}$ de celui de la houille de Rive-de-Gier, première qualité, les 1.641 kil. de bois seraient représentés par 703 kil. de cette houille. Par conséquent, l'effet calorifique produit en une heure par la chaleur perdue appliquée au chauffage du fer destiné à la fabrication de la grosse tôle platinée, équivaut à $29^{k},29$ de houille de Rive-de-Gier.

Digitized by Google

4° Chauffage des feuilles de tôle destinées au décapage. Usine d'Audincourt.

Le four à décaper, qui reçoit la chaleur perdue de l'un des feux d'affinerie de l'usine d'Audincourt, a $1^m,95$ de longueur, sur $1^m,62$ de largeur, sa hauteur étant de $0^m,80$ près de l'ouverture d'introduction de la flamme, et de $0^m,40$ près de la porte de service, au-dessus de laquelle se trouve la cheminée qui est haute de $8^m,16$ à partir de la sole du four, et dont la section horizontale intérieure est un carré de $0^m,48$ de côté. Quant à l'ouverture d'introduction des gaz combustibles, elle a $1^m,30$ de longueur, sur $0^m,10$ de hauteur.

On chauffe, en 24 heures, dans ce four, 4.800 feuilles de tôle de 32 centimètres de longueur sur 24, lesquelles donnent 150 caisses du poids de 37 kil., ou, au total, 1.184 kil. de fer noir.

Un ancien four à décaper, qu'on chauffe à la houille toutes les fois que le feu d'affinerie est en chômage, reçoit, en 24 heures, le même nombre de feuilles de tôle, de 32 centimètres sur 24, que le four à chaleur perdue, en consommant 400 k. de houille de Rive-de-Gier par 1.000 kil. de fer noir.

Ainsi, l'effet calorifique de la chaleur perdue, appliquée au chauffage des feuilles de tôle destinées au décapage, est représenté par $473^k,6$ de houille de Rive-de-Gier, ou équivaut, par heure, à $19^k,70$ de cette houille. Il faut y ajouter $2^k,00$ de houille pour la portion de chaleur perdue employée au chauffage de l'appareil à air chaud du feu d'affinerie, comme nous l'avons dit précédemment, ce qui donne au total $21^k,70$ de houille. Ce chiffre peu élevé prouve que l'on n'utilise pas toute la chaleur qui s'échappe du feu d'affinerie; et, en effet, la voûte du four est munie d'un registre qui est presque toujours à demi ouvert,

Digitized by Google

pour que les feuilles de tôle ne prennent pas une température plus élevée que celle du rouge sombre qui suffit pour le décapage.

Usine de la Chaudeau.

Le décapage des feuilles de tôle s'opère aussi à la Chaudeau par un chauffage dans un four à chaleur perdue, qui a 2 mètres de longueur, sur $1^m,46$ de largeur et $0^m,60$ de hauteur moyenne, et dans lequel la flamme arrive par une ouverture large de 1 mètre, et haute, en son milieu, de $0^m,13$. On y passe, en 24 heures, 7,000 feuilles de tôle de diverses dimensions, dont le poids varie de 1,300 k. à 1,700 kil.

Avant l'établissement de ce four à chaleur perdue, on consommait, pour chauffer le même nombre de feuilles dans un four à décaper, alimenté avec de la houille, 500 kil. de houille de Rouchamp, équivalant à 450 kil. de houille de Rive-de-Gier, à raison d'une différence en moins de 10 p. 100. On voit, par cette comparaison, que l'effet calorifique produit est représenté par 450 k. de houille de Rive-de-Gier pour 24 heures, ou qu'il équivaut par heure à $18^k,7$ de cette houille, résultat qui prouve que le décapage n'utilise à la Chaudeau, comme à Audincourt, qu'une portion de la chaleur perdue.

5° Recuit du fil de fer.

Le fil de fer est recuit aujourd'hui dans toutes les usines, au moyen de la chaleur perdue des feux d'affinerie. A cet effet, on le met dans des chaudières en fonte de diverses dimensions, dont le poids varie de 200 à 700 k., et ces chaudières sont placées dans le four à chaleur perdue d'une manière fixe, ou bien elles sont disposées de telle façon qu'elles peuvent y glisser à volonté. Quand les chaudières sont fixes, les gaz combustibles circulent entre leurs surfaces extérieures et les parois

Digitized by Google

des compartiments cylindriques où elles sont placées, et chacun de ces compartiments peut être isolé au moyen d'un registre, lorsque le recuit est parvenu au terme convenable. Les chaudières, dont le nombre est de cinq ou six, sont descendues dans les compartiments au moyen d'une grue, qui sert aussi pour les en retirer. Lorsque les chaudières sont mobiles, elles sont chauffées toutes ensemble, au nombre de quatre ou cinq dans un four de 3 à 5 mètres de longueur, sur $0^m,85$ à $1^m,10$ de largeur et $0^m,66$ à 1 mètre de hauteur, lequel est pourvu d'une porte à chacune de ses extrémités. On les introduit dans le four à l'aide d'un balancier ou d'une grue qui les amène à la porte d'entrée, et on les retire de la même manière par la porte de sortie. Dès que la chaudière qui se trouve la plus voisine du feu d'affinerie, a été chauffée pendant le temps convenable, on la fait glisser dans le four, de l'autre côté du feu d'affinerie, pour que la face qui lui était opposée reçoive directement l'action de la chaleur; puis on l'éloigne, pour qu'elle se refroidisse lentement, et ensuite on la sort du four; mais, dès qu'elle n'est plus dans la partie du four qui renferme les autres chaudières, on fait avancer celles-ci successivement, et on introduit une nouvelle chaudière pour occuper la place vide située près de la porte d'entrée. De cette manière, le four est toujours garni du nombre de chaudières qu'il peut contenir, et on utilise continuellement, pour le recuit du fil de fer, toute la chaleur perdue du feu d'affinerie. Quant à la marche des chaudières dans l'intérieur du four, comme elles y sont placées sur des supports en fonte, on les fait glisser très-facilement au moyen d'une chaîne en fer qui s'enroule sur le treuil de

Digitized by Google

la grue située près de la porte de sortie, et à l'extrémité de laquelle se trouve un crochet qu'on introduit dans la tubulure de chaque chaudière.

Usine du Clos-Mortier.

Au Clos-Mortier, les chaudières, dans lesquelles on recuit le fil de fer, sont fixes et au nombre de quatre. Chacune d'elles contient 1.000 k. de fil de fer, et on y recuit, en 24 heures, 2.000 kil. de fil de fer de diverses dimensions. Avant l'établissement du four à chaleur perdue, on recuisait le fil de fer dans un four alimenté avec du bois, dont on consommait 1 stère 3/4, pesant 630 k. environ par 1.000 kil. de fil de fer. Si, comme nous l'avons déjà supposé, le pouvoir calorifique du bois employé était égal aux 3/7 de celui de la houille de Rive-de-Gier, première qualité, l'effet calorifique produit en 24 heures serait représenté par 1.200 kil. de bois correspondant à 540 kil. de houille de Rive-de-Gier, ou équivaudrait, par heure, à 22^k, 50 de cette houille.

Usine de l'Isle-sur-le-Doubs.

A l'Isle-sur-le-Doubs, les chaudières, dans lesquelles on recuit le fil de fer, sont mobiles et se trouvent, au nombre de quatre, dans le four à chaleur perdue. Comme elles contiennent chacune 200 kil. de fil de fer, et qu'on peut en passer 12 en 14 heures, il s'ensuit qu'on recuit pendant ce temps 2.400 kil. de fil de fer. Précédemment, le recuit se faisait dans un four alimenté avec du bois, dont on consommait 1 st. 1/2 par 100 kil. de fil de fer. Si l'on suppose que le stère de ce bois pesait 360 k., le poids de 1 st. 1/2 devait être de 540 kil., et représentait 232 kil. de houille de Rive-de-Gier, première qualité, en admettant pour son pouvoir calorifique les 3/7 de celui de ce combustible. Par conséquent, l'effet calorifique produit en 24 heures est représenté par

Digitized by Google

556 kil. de houille de Rive-de-Gier, ou équivaut, par heure, à $23^k,17$ de cette houille.

6° Dessiccation du bois destiné aux feux d'affinerie et aux hauts-fourneaux.

Chauffage de l'air.

Dans les nombreuses usines que fait valoir M. Gauthier, le bois est desséché dans des chambres en briques, dont les dispositions, simples et ingénieuses, sont dues à cet habile maître de forges. Comme ces séchoirs ont été décrits par M. l'ingénieur Bineau (1), nous ne parlerons pas de leur construction. Nous dirons seulement que les gaz combustibles provenant des feux d'affinerie ne sont employés à la dessiccation du bois qu'après avoir chauffé un appareil à air chaud, et, en outre quelquefois, après avoir servi à recuire le fil de fer. Il en résulte qu'on n'utilise, pour la dessiccation du bois, qu'une partie de la chaleur perdue. D'ailleurs, les feux d'affinerie qui sont pourvus de séchoirs, étant alimentés exclusivement avec du bois desséché, combustible qui produit un peu plus de gaz carboné que le charbon, l'effet calorifique de la chaleur perdue, employée à la dessiccation du bois, ne peut pas être parfaitement comparable avec les résultats précédents donnés par les chaleurs perdues de feux d'affinerie consommant du charbon de bois. Toutefois, comme il est intéressant de connaître aussi l'effet des chaleurs perdues de ces feux d'affinerie, nous le déterminerons pour des feux d'affinerie, dont les gaz combustibles servent d'abord au chauffage d'un appareil à air chaud, puis à la dessication du bois.

La chaleur perdue d'un feu d'affinerie alimenté avec du bois desséché, tout en servant au chauffage d'un appareil à air chaud, peut dessécher beaucoup plus de bois qu'il n'en faut pour les be-

(1) *Annales des Mines*, tom. XIII, page 3.

Digitized by Google

soins du feu, la dessiccation étant poussée assez loin pour que le bois soit privé de toute l'eau hygrométrique qu'il contient, c'est-à-dire, de manière qu'il perde environ 35 p. o/o en poids, et 25 p. o/o en volume. En effet, un feu d'affinerie consomme au plus, par 24 heures, 8 1/2 mètres cubes de bois desséché, sa production mensuelle étant de 28,000 k. de massiaux, et sa consommation de 8 mètres cubes de bois desséché, par 1.000 kil. de massiaux, tandis qu'un tel feu peut desservir trois séchoirs renfermant ensemble 12 cordes de 80 pieds cubes, ou 35st,55 de bois vert, dont la dessication exige communément 30 à 36 heures, l'enfournement et le défournement se faisant pendant que les gaz dessèchent le bois dans un autre séchoir. Ainsi, en admettant que la dessiccation produise les diminutions en poids et en volume indiqués ci-dessus, et que le stère de bois vert pèse 360 kil., on dessèche en 24 heures 25st,58 de bois vert pesant 9.209 k., lesquels donnent 19st,19 de bois desséché, et dégagent 3.213 kil. d'eau. Or on sait qu'un kilogramme de bonne houille, telle que celle de Rive-de-Gier, brûlée sous une chaudière, peut vaporiser 5 kil. d'eau. Par conséquent, l'évaporation des 3.213 kil. d'eau hygrométrique du bois exigerait 643 kil. de cette houille; et, par heure, l'effet calorifique de la chaleur perdue, employée à la dessication du bois, serait représenté par 26^{k},80 de houille de Rive-de-Gier. Si on ajoute à ce nombre 7^{k}28 de houille pour le chauffage de l'air porté à la température de 260 degrés, on aura au total 34^{k},08 de houille de Rive-de-Gier, pour le pouvoir calorifique des gaz combustibles d'un feu d'affinerie consommant du bois desséché, résultat qui excède de 17 p. o/o la moyenne de la

Digitized by Google

valeur calorifique des gaz combustibles provenant des feux d'affinerie alimentés avec du charbon de bois seul.

7° Chauffage de l'air.

L'air destiné aux feux d'affinerie est chauffé de diverses manières : 1° dans deux tuyaux en fonte de $5^m,20$ de longueur environ, sur 16 centim. de diamètre intérieur, lesquels sont placés dans un four à chaleur perdue de $6^m,50$ de longueur, sur $1^m,00$ de largeur et $0^m,80$ de hauteur, comme dans les usines de M. Gauthier; 2° dans des tuyaux en fonte de 10 à 13 centimètres de diamètre intérieur, qui sont disposés en spirale dans un four à chaleur perdue de $1^m,60$ de longueur, sur $1^m,00$ de largeur et $1^m,30$ de hauteur, et dont le développement est d'environ 10 mètres, comme à Noncourt, Rochvilliers et Essarois; 3° dans une caisse en fonte de $1^m,30$ de longueur, sur $1^m,00$ de largeur et $0^m,22$ de hauteur, qui est placée contre une des parois de la partie supérieure du feu d'affinerie, et où l'air circule tantôt librement, comme à Maizières, tantôt dans un conduit large de 25 centimètres et présentant un développement de $5^m,60$, au moyen de diaphragmes en fonte, comme à Audincourt et Bourguignon; 4° enfin, dans un espace de 16 à 22 centimètres de hauteur, ménagé entre deux cylindres en fonte concentriques, de $3^m,50$ de longueur, comme à l'Isle-sur-le-Doubs.

De toutes ces dispositions, celle qui est adoptée dans les usines de M. Gauthier est la plus convenable, attendu qu'elle permet de placer hors du four les assemblages de l'appareil, ce qui les préserve assez des effets de la dilatation et de la contraction pour que le mastic dont ils sont garnis se maintienne pendant longtemps; il est d'ailleurs facile

Digitized by Google

de renouveler ce mastic, quand il y a des pertes d'air; et un troisième avantage, c'est qu'on peut enlever très-aisément le *sarrasin* qui, à la longue, forme une couche épaisse sur l'appareil, et l'empêche de s'échauffer au degré voulu.

Dans ces différents appareils, on peut augmenter à volonté jusqu'à 360° la température de l'air lancé, en procurant à l'air un parcours convenable; mais, sous ce rapport encore, l'appareil à tuyaux droits est le plus commode, en ce qu'il rend très-facile l'établissement de deux ou trois rangées de tuyaux parallèles.

Pour calculer l'effet de la portion de chaleur perdue, employée au chauffage de l'air, nous considérerons : 1° le feu comtois, dans lequel l'air ne doit pas être porté à une température supérieure à 120°, lorsqu'il est alimenté avec du charbon de bois; 2° le feu champenois, pour lequel la température de l'air ne doit pas excéder 150 degrés dans le roulement au charbon de bois; 3° enfin, le feu bourguignon, qui ne doit pas recevoir, dans les mêmes circonstances, de l'air chauffé à plus de 180°.

En premier lieu, si un feu comtois reçoit par minute, à l'époque de l'affinage qui exige le maximum du vent, $6^{m^3},33$ d'air à 120° et sous la pression de 3,5 centimètres de mercure, le volume de cet air à 12°, et sous la pression atmosphérique, sera égal à

$$\frac{6,33 \times 0,785}{0,75 \times (1 + 0,004 \times 120\text{-}12)} = 4^{m^3},61$$

Mais, pour que les buses lancent réellement $4^{m^3},61$ d'air, il faut que l'appareil en reçoive 1/4 en sus destiné à compenser les pertes d'air, ce qui

porte à $5^{m^3},76$ le volume d'air transmis par la machine soufflante à l'appareil à air chaud.

Le mètre cube d'air à 12°, et sous la pression atmosphérique de $0^{m},75$, pesant $1^{k},24$, le poids de $5^{m^3},76$ sera de $5^{m^3},76 \times 1,24 = 7^{k},14$. Or, on sait que 0,2669 représente la chaleur spécifique de l'air, celle de l'eau étant 1,0000, ce qui veut dire que l'unité de chaleur qui élève d'un degré la température d'un kilogramme d'eau, peut élever d'un degré la température de $\frac{1000}{2699} = 3^{k},7$ d'air. Par conséquent un poids d'eau égal à $\frac{7^{k},14}{3,7} = 1^{k},92$ demandera autant de calories que $7^{k},14$ d'air, pour être porté à la même température; et comme le calorie est la chaleur nécessaire pour élever d'un degré la température d'un kilogramme d'eau, il faudra $1^{k},92 \times 120° - 12 = 207$ calories pour élever en une minute à 120° les $5^{m^3},76$ d'air que reçoit l'appareil à la température de 12°, ou par heure $207 \times 60 = 12.420$ calories.

Le kilogramme de houille de Rive-de-Gier, première qualité, donnant au calorimètre 6.803 calories, il faudra $\frac{12.420}{6.803} = 1^{k},83$ de cette houille pour élever en une heure les $5^{m^3},76$ d'air de 12° à 120°. Mais comme les foyers ordinaires les mieux construits n'utilisent que 60 p. 0/0 du combustible qu'on y brûle, la grille sur laquelle on consommerait de la houille de Rive-de-Gier pour échauffer l'air, devrait en recevoir $1^{k},83 \times \frac{100}{60} = 3^{k},05$ par heure pour pouvoir le porter à 120°, en ne tenant pas compte de la chaleur absorbée par la conduite qu'on peut considérer comme faisant

Digitized by Google

partie de l'ensemble du four à chauffer une première fois.

En second lieu, pour un feu champenois qui reçoit par minute, au maximum, $6^{m^3},00$ d'air chauffé à 150° et sous la pression de 3 centimètres de mercure, ce volume, à la température de 12°, et sous la pression atmosphérique, sera égal à $\frac{6\times 0,78}{0,75(1+0,004\times 150-12)}=4^{m^3},00$; ajoutant un quart pour compenser les pertes, on aura $5^{m^3},00$ qui pèseront $6^k,20$ et exigeront $\frac{6,20}{3,7}\times 138=231$ calories par minute ou 13.860 par heure, pour être portés de 12° à 150°. Or, ce nombre de calories correspond à $\frac{13.860}{6.803}=2^k,04$ de houille de Rive-de-Gier, qu'il faut multiplier par $\frac{100}{60}$ pour avoir l'équivalent en combustible brûlé dans un foyer. Par conséquent $3^k,40$ de houille de Rive-de-Gier seraient nécessaires, par heure, pour le chauffage à 150° de l'air lancé dans un feu champenois.

En troisième lieu enfin, pour le feu bourguignon dans lequel on introduirait par minute $6^{m^3},50$ d'air chauffé à 180° et sous la pression de 2,7 centimètres de mercure, ce volume, à 12° et sous la pression atmosphérique, serait égal à

$$\frac{6,50\times 0,777}{0,75\,(1+0,004\times 180\text{-}12)}=4^{m.3},04$$

ajoutant un quart pour compenser les pertes de l'appareil, on aura $5^{m^3},05$ qui pèseront $6^k,26$ et exigeront, par heure, 17.070 calories, pour être portés à 180°, nombre de calories qui représente $2^k,60$ de houille de Rive-de-Gier. En multipliant

Digitized by Google

ce chiffre par $\frac{100}{60}$, on obtient $4^k,16$ pour la quantité de houille de Rive-de-Gier qui, brûlée par heure sur une grille, élèverait à la température de 180° le volume d'air nécessaire au roulement d'un feu bourguignon.

Évaluation de la caloricité des chaleurs perdues des feux d'affinerie en chevaux-vapeur.

Si nous récapitulons les divers emplois des chaleurs perdues des feux d'affinerie, en ne considérant que ceux qui les utilisent à peu près complétement, afin de pouvoir estimer aussi exactement qu'il est possible la puissance calorifique des gaz produits, nous aurons l'ensemble suivant, pour leurs équivalents en houille de Rive-de-Gier de première qualité :

	k.
Chauffage des barreaux de tirerie, à l'Isle-sur-le-Doubs.	30,93
id. à Audincourt.	31,66
id. au Moulin-Bardot.	30,00
Chauffage des fers pour fenderie, au Clos-Mortier.	31,62
Chauffage des barreaux d'acier naturel pour l'étirage en feuillards destinés à la corroyerie, au Pont-du-Bois.	30,00
Chauffage des fers destinés à la fabrication de la tôle laminée, à Audincourt.	27,00
id. à Frelan.	31,15
id. à Magnancourt.	30,80
id. à Bèze.	30,41
Chauffage des fers destinés à la fabrication de la tôle platinée, au Pont-du-Bois.	29,29
Recuit du fil de fer, au Clos-Mortier.	22,50
id. à l'Ile-sur-le-Doubs.	23,17
Total.	348,53
En divisant par 12, on a pour moyenne.	29,04

La moyenne $29^k,04$ représente approximativement la quantité de houille de première qualité de

Digitized by Google

Rive-de-Gier qu'il faudrait brûler sur une grille pour obtenir un effet égal à celui des gaz combustibles provenant des feux d'affinerie alimentés avec du charbon de bois; car, d'une part, si toute la chaleur perdue n'est pas complétement utilisée pour les diverses opérations que nous avons décrites, de l'autre, les fours qui nous ont fourni des termes de comparaison n'étant pas construits avec toute la perfection possible, leur consommation en combustible excède un peu celle qui aurait lieu, pour le même effet, dans des foyers disposés comme ceux des machines à vapeur. Nous observerons, en outre, que cette moyenne, calculée d'après les résultats de l'emploi des chaleurs perdues de douze feux d'affinerie dont dix comtois, est un minimum pour les feux champenois et bourguignons, puisque le tableau de la page 285 fait voir que ces feux consomment un peu plus de combustible dans l'unité de temps que les feux comtois, en recevant un volume d'air proportionnel sous la pression atmosphérique, de sorte que les gaz carbonés qui s'en échappent doivent être de même nature, mais en quantité un peu plus grande.

Pour déterminer la force en chevaux-vapeur qui correspond à la vapeur calorifique des chaleurs perdues, il suffit de diviser la moyenne $29^{k},04$ par le nombre $3^{k},5$ qui représente la quantité de houille de première qualité que consomment ordinairement, par heure et par force de cheval, les machines à vapeur à haute pression. Le quotient de cette division étant 8,30, il s'ensuit que la chaleur perdue des feux d'affinerie, alimentés au charbon de bois, pourrait, étant appliquée au chauffage d'une chaudière de machine à vapeur à haute pression, développer une force de 8,30 chevaux.

Digitized by Google

Comme $29^k,04$ de houille de première qualité équivalent pour l'effet calorifique à $32^k,26$ de charbon de bois d'essences mélangées, tel que celui que consomment les feux d'affinerie, à raison d'une différence de 10 p. 0/0 en faveur de la houille, et comme un feu d'affinerie reçoit en moyenne par heure, d'après le tableau précité, $0^{m^3}.212$ de charbon pesant environ $45^k,79$, à raison de 216 k. par mètre cube, on voit que les gaz carbonés provenant des feux d'affinerie possèdent une valeur calorifique égale aux $\frac{70}{100}$ de celle du charbon consommé pour leur roulement, rapport plus grand que celui qui existe entre le pouvoir calorifique des gaz sortant des hauts-fourneaux et celui du charbon qu'ils consomment, puisque les expériences de M. Robin à Niderbronn (1) et celles de M. Ebelmen à Clerval (2) donnent $\frac{58}{100}$ pour moyenne de la perte du combustible employé.

CHAPITRE III.

AFFINAGE AU CHARBON ET A L'AIR CHAUD.

L'air chaud est employé avec avantage pour l'affinage des fontes au charbon et à l'air froid, et il est presque indispensable pour l'affinage des fontes obtenues au charbon et à l'air chaud; car celles-ci sont traitées moins économiquement dans les feux d'affinerie soufflés à l'air froid, que les fontes au charbon et à l'air froid, ce qui provient de ce que les fontes à l'air chaud fondent plus difficilement que les fontes à l'air froid de même

(1) *Annales des Mines*, tom. XIV, pag. 335.
(2) *Annales des Mines*, tom. XVI, pag. 545

Digitized by Google

apparence et produisent une matière ferreuse qui se coagule moins promptement que celle de ces dernières, remarque qu'on a faite non-seulement dans les feux d'affinerie, mais encore dans les fours à puddler, et dont on peut se rendre raison d'après la composition chimique des deux sortes de fontes (1). En effet, les fontes à l'air chaud renferment moins de carbone combiné et plus de silicium que les fontes à l'air froid; ce qu'on peut expliquer, pour le carbone combiné, en remarquant que la haute température qui règne dans l'ouvrage des hauts-fourneaux soufflés à l'air chaud, doit développer dans la fonte une action attractive en vertu de laquelle les molécules du carbone qui s'était uni au fer dans la partie de la cuve inférieure où la température est moins élevée que dans l'ouvrage, se réunissent et éprouvent, lors du refroidissement de la fonte, une cristallisation confuse de laquelle résulte une proportion moindre de carbone combiné; et pour le silicium, en considérant que généralement la proportion de siliciure de fer dans les fontes produites par les hauts-fourneaux consommant du combustible végétal, augmente avec la température à laquelle elles sont soumises, l'élévation de la chaleur favorisant vraisemblablement la réduction de la silice. Or la fusibilité des fontes et la tendance à la coagulation de leur matière ferreuse sont en raison directe de leur proportion de carbone combiné, et en raison inverse de leur teneur en silicium, puisque les fontes noires qui renferment le moins de carbone combiné et le plus de siliciure de fer, sont celles qui

(1) Voir nos analyses de fontes, *Annales des Mines*, tom. XVIII, page 195.

Digitized by Google

fondent le plus difficilement, tandis que les fontes blanches qui contiennent le plus de carbone combiné et le moins de siliciure de fer, fondent facilement et ont une grande tendance à la coagulation. C'est donc à leur composition chimique, que les fontes à l'air chaud doivent leur propriété d'être moins fusibles et moins disposées à passer à l'état de fer, que les fontes à l'air froid de même apparence. Aussi, s'affinent-elles d'une manière peu économique, lorsqu'on les traite à l'air froid, par la raison que la difficulté de leur fusion et la lenteur de leur coagulation augmentent la consommation du combustible. Mais, si l'on fait usage d'air chaud, la fusion de la fonte s'opère plus facilement, par suite de l'élévation de la température, et la coagulation de la matière ferreuse est accélérée par la marche plus rapide de la décarburation; l'affinage alors s'effectue plus promptement, et on consomme moins de combustible que dans le traitement à l'air froid des fontes obtenues à l'air froid. En conséquence, la répugnance qu'ont eue jusqu'à présent les maîtres de forges à souffler à l'air chaud les hauts-fourneaux produisant des fontes en gueuses, malgré les résultats économiques de ce mode de soufflage, cessera dès qu'ils auront reconnu que les fontes obtenues au charbon et à l'air chaud peuvent être affinées avec avantage dans les feux d'affinerie, en soufflant ceux-ci à l'air chaud, et dans les fours à puddler, en y élevant la température, ce qui est chose facile, puisque ces fours donnent ordinairement moins de chaleur que les fours à rechauffer.

Quant aux fontes obtenues à l'air chaud, avec un mélange de charbon et de bois vert, ou de coke et de bois vert, ou de charbon de bois dessé-

Digitized by Google

ché, ou enfin avec du bois vert uniquement (1), comme ces différentes fontes, par suite de l'abaissement de température que produit le bois vert ou desséché, diffèrent peu par leur composition chi-

(1) En 1839, le haut-fourneau d'Audincourt a roulé pendant deux mois et demi, en ne consommant que du bois vert flotté. Mis en feu au commencement du mois de septembre 1838, il a été arrêté dans son roulement, le 30 septembre 1839, pour la reconstruction de l'ouvrage. Il a consommé d'abord, pendant deux mois, du charbon seul, puis un mélange de charbon et de bois vert où la proportion de bois a été augmentée progressivement, et, à partir du 15 juillet, uniquement du bois vert.

Ce fourneau a les dimensions suivantes :

		m.
Hauteur totale.		10,64
Diamètre du gueulard.		0,65
Diamètre du ventre.		2,27
Distance du fond du creuset à la tuyère.		0,43
Distance au fond du creuset à la naissance des étalages,	du côté de la tuyère et de la tympe. . . .	1,18
	du côté de la rustine et du contrevent. .	1,02
Distance du fond du creuset au ventre.		2,92
Inclinaison des étalages.	du côté de la tuyère et de la rustine.	62°
	du côté du contrevent.	66°
	du côté de la tympe.	64°
		m.
Longueur du creuset, au niveau du dessus de la dame.		1,45
Longueur intérieure du creuset. .		0,69
Largeur intérieure du creuset. . .		0,48
Distance de la partie extérieure de		

mique des fontes obtenues au charbon et à l'air froid, le soufflage à l'air chaud n'est pas indispensable pour leur affinage; mais il est utile, en ce qu'il procure une économie notable dans la consommation du combustible.

Au reste, pour que l'air chaud, appliqué à l'affinage des fontes, puisse produire de bons

---

la tympe au-dessus de la dame.		0,38
L'axe du fourneau est situé dans le plan vertical passant par l'axe de la tuyère et se trouve éloigné	de la rustine, de	0,20
	du contrevent, de	0,19

La flamme du gueulard chauffait un appareil à air chaud, formé de deux rangées horizontales de tuyaux en fonte de $1^{m.}$,54 de longueur, sur 20 centimètres de diamètre intérieur et 25 millimètres d'épaisseur. Comme ces tuyaux étaient au nombre de 30, ils présentaient, avec leurs coudes d'assemblage, un développement total d'environ 50 mètres. On augmentait à volonté la température de l'air lancé jusqu'à 400°, au moyen d'un registre placé à l'entrée du four à chaleur perdue, qui y laissait pénétrer une partie ou la totalité des gaz combustibles. Pendant les deux premiers mois du roulement au charbon seul, la température de l'air introduit dans le fourneau n'excédait pas 260°; elle a ensuite été augmentée progressivement, à mesure qu'on y a porté plus de bois vert; et elle s'élevait à 360° au moins, lorsqu'il ne consommait que du bois vert. D'ailleurs, le diamètre de la buse était réglé de manière que la pression manométrique de l'air lancé fût toujours de 5,5 centimètres de mercure.

Pendant le roulement au bois vert seul, l'œil de la buse avait 0^{m2},0031 de surface, sa forme étant celle d'un rectangle, de 68 millimètres de longueur sur 20 de hauteur, surmonté d'un demi cercle de 34 millimètres de rayon, d'où il suit que sa surface était égale à celle d'un cercle de

Digitized by Google

effets, il faut que sa température soit en rapport, tant avec la nature de la fonte à traiter; qu'avec la qualité du combustible qu'on emploie. Ainsi, les fontes grises à l'air froid ne comportent pas, toutes choses égales d'ailleurs, une température aussi élevée que les fontes blanches à l'air froid,

---

63 millimètres de diamètre. Pour calculer le volume d'air lancé par minute, on fera dans la formule :

$$Q = 289d^2 \sqrt{\frac{h(1+0,004t)}{b \times h}}$$

d, diamètre de l'œil de la buse $= 0^m,063$.
h, hauteur du manomètre à la buse $= 0^m,055$.
b, pression atmosphérique $= 0^m,75$.
t, température de l'air à la buse $= 360°$.
D'où

$$Q = 0^{m3},46,$$

et par minute

$$Q = 27^{m3},60.$$

Sous la pression atmosphérique et à la température de 12°, ce volume serait égal à

$$Q' = \frac{0,805 \times 29,16}{0,75(1+0,004 \times 348°)} = 12^{m3},39.$$

Le volume d'air engendré par le mouvement des pistons de la soufflerie composée de deux cylindres en fonte à double effet, s'élevait à 30 mètres cubes par minute, le diamètre de chaque piston étant de $1^m,10$, sa levée de $1^m,00$ et le nombre des foulées de 8 par minute. Ainsi on voit que le volume d'air à 360°, qui sortait par la buse, n'était que les 0,40 de celui qu'engendrait le mouvement des pistons, tandis qu'à l'air froid il en était les 0,57 environ, comme nous le dirons ci-après.

Le bois vert était scié à la scie circulaire en bûchettes de 16 centimètres de longueur, et employé sans être fendu, quelle que fût sa grosseur. Le coup de scie produisait un déchet de 2 p. 0/0, mais on n'en tenait pas compte dans la consommation qui était calculée en bois cordé.

Donnons maintenant les résultats du roulement à partir

Digitized by Google

par la raison que la matière ferreuse qu'elles produisent, se coagule difficilement, de telle sorte qu'un air trop chaud prolongerait leur liquéfaction, retarderait l'affinage, et par là augmenterait la consommation du combustible. D'un autre côté, l'air chaud accélérant la combustion, on conçoit

---

du 15 juillet, jour où le fourneau n'a consommé que du bois vert, jusqu'au 30 septembre, jour où on a dû mettre hors, parce que l'ouvrage avait besoin d'être reconstruit, et aussi parce que l'appareil à air chaud était tellement dérangé qu'il ne pouvait plus élever la température de l'air qu'à 120°; mais, d'abord, observons, au sujet des dégradations de l'ouvrage, qu'on ne les a nullement attribuées au soufflage à l'air chaud, car on le répare ordinairement tous les ans, et, pour ce qui concerne l'appareil à air chaud, qu'il n'était pas construit de la manière la plus convenable, les coudes d'assemblage se trouvant dans l'intérieur du four à chaleur perdue, tandis qu'ils auraient dû être placés à l'extérieur, pour qu'on pût les remastiquer facilement.

DÉSIGNATION de l'époque du roulement.	Production en fonte.	CONSOMMATION par 1.000 kilogrammes de fonte.						
		Bois flotté.	Mine en grains des environs de Gray.	Mine en grains de Montbéliard.	Mine en roche de Chamsol.	Mine en roche du Salbert.	Sorne de forge.	Castine.
	kilog.	cord.	cuv.	cuv.	cuv.	cuv.	cuv.	cuv.
Du 15 juillet au 1er août. . .	60.049	2,99	3,08	3,08	0,45	0,21	0,20	1,18
Du 1er août au 1er septembre.	116.517	3,07	3,20	3,15	0,46	0,26	0,30	1,19
Du 1er septembre au 1er oct.	107.180	3,78	3,22	3,28	0,56	0,40	0,38	1,31

La corde est de 100 pieds cubes, ou de 3st.,42.

Le cuveau est de 6,66 pieds cubes, ou de 0m³,226.

Le haut-fourneau ayant fait une consommation extraordinaire en combustible dans le mois de septembre, soit parce que les charges en minerai ont été réduites progres-

Digitized by Google

qu'il est nécessaire, pour qu'elle se fasse régulièrement et d'une manière utile dans toute l'étendue du feu d'affinerie, que la température de l'air lancé soit plus élevée pour des charbons d'essences dures que pour ceux d'essences tendres, pour le bois desséché que pour le charbon, et

---

sivement, ainsi qu'il arrive à la fin de tout fondage, soit parce que la température de l'air lancé n'était que le tiers de ce qu'elle aurait dû être, à cause des dérangements de l'appareil à air chaud, on peut considérer la consommation de 307 pieds cubes ou 10st.,52 de bois, faite pendant le mois d'août, comme la moyenne de celle qui aurait eu lieu dans un roulement plus prolongé avec le bois seul si rien n'avait été dérangé, moyenne qui excède de 8 pieds cubes la consommation de la 2e quinzaine du mois de juillet.

Quand ce fourneau roulait au charbon et à l'air froid, le vent était fourni par une buse unique, dont l'œil avait une surface de $0^{m2},0027$ équivalente à celle d'un cercle de $0^{m},06$ de diamètre, et comme sa pression moyenne était de 5,5 centimètres de mercure, la formule ci-dessus donne $16^{m3},07$ pour le volume d'air lancé par minute, lequel correspond à $17^{m3},24$ sous la pression atmosphérique. On obtenait ordinairement par mois 115.000k. de fonte, et la consommation en charbon s'élevait en moyenne à 160 pieds cubes provenant de 480 pieds cubes, ou à 16st.,45 de bois vert par 1.000k. de fonte. Quant à la quantité de minerai employée, elle était plutôt au-dessus qu'au-dessous de celle que le fourneau consommait dans le roulement au bois seul, et la proportion de castine était un peu plus forte, le soufflage à l'air chaud ayant fait diminuer sa dose, comme dans tous les hauts-fourneaux où il est adopté.

En comparant les résultats du nouveau roulement avec ceux de l'ancien au charbon et à l'air froid, on voit que la substitution du bois au charbon a procuré une économie de 173 pieds cubes de bois sur 480, ou de 36 p. 0/0, et une augmentation de 1 $\frac{1}{2}$ p. 0/0 dans la production en fonte.

Il résulte d'ailleurs de la comparaison des quantités d'air reçues par le fourneau dans les deux roulements, que le volume d'air lancé à 360° excédait de 60 p. 0/0 celui qui

Digitized by Google

pour le bois vert que pour le bois desséché. Il importe donc que le maître de forges fasse quelques tâtonnements pour déterminer la température la plus convenable, d'après les circonstances particulières dans lesquelles il se trouve. Néanmoins, on peut dire d'une manière générale :

1° Que pour les feux d'affinerie roulant au char-

était introduit dans le roulement à l'air froid, et qu'au contraire son poids était moindre de 32 p. 0/0.

Enfin, pour ce qui concerne la nature des fontes, celles qui ont été obtenues avec le bois seul ont varié davantage dans leurs couleurs du gris clair au gris noir, que les fontes du roulement au charbon, tout en étant d'excellente qualité, ce qui provenait des variations dans la température et dans le volume de l'air lancé, produites par la mauvaise disposition des assemblages des tuyaux de l'appareil à air chaud.

On a remis le haut-fourneau d'Audincourt en feu le 24 octobre 1839, et après y avoir porté d'abord du charbon seul, puis du charbon et du bois vert, on l'a alimenté uniquement avec du bois pendant plusieurs semaines. Comme la consommation de ce combustible s'est élevée jusqu'à 4 cordes ou 13st,68 par 1.000 kilogr. de fonte, et que les fontes obtenues avaient une composition très-variable, étant les unes noires ou grises, les autres tout à fait blanches, on a renoncé complétement à l'emploi du bois, l'air chaud a été supprimé, et on n'a plus fait usage que de charbon. La forte consommation du combustible et l'allure irrégulière du haut-fourneau doivent être attribuées vraisemblablement à l'humidité dont le bois était pénétré, et qui devait être en proportion très-forte; car ce bois ayant été flotté, était très-poreux, comme tous les bois flottés. Les résultats satisfaisants obtenus en été, quand le bois employé était sec, portent à présumer que le haut-fourneau d'Audincourt aurait continué à bien marcher en hiver, si le bois avait été placé sous des hangars, au lieu de rester exposé à l'air. En conséquence, il est bien à désirer que de nouveaux essais soient entrepris à Audincourt ou ailleurs, avec du bois cru, exempt d'humidité le plus possible.

Digitized by Google

bon de bois et affinant des fontes obtenues au charbon et à l'air froid, la température la plus convenable est de 80° à 120° pour les feux comtois, de 130° à 150° pour les feux champenois, et de 160° à 180° pour les feux bourguignons;

2° Que ces limites peuvent être élevées de 40° à 50° pour les mêmes feux traitant des fontes obtenues au charbon et à l'air chaud;

3° Que pour l'affinage des fontes produites à l'air chaud et au charbon mélangé de bois vert ou desséché, il faut agir à peu près comme pour les fontes obtenues au charbon et à l'air froid;

4° Enfin que la température de l'air pour chaque feu doit être augmentée progressivement, à mesure qu'on y porte une proportion plus forte de bois desséché ou tout à fait vert, tellement qu'elle doit être de 260°, quand les feux d'affinerie consomment uniquement du bois desséché, et qu'elle doit s'élever à 360°, lorsque l'affinage se fait avec du bois vert seul.

Faisons connaître maintenant les résultats donnés, dans différentes usines, par l'emploi de l'air chaud pour l'affinage des fontes obtenues au charbon de bois, tant à l'air froid qu'à l'air chaud.

1° Affinage des fontes obtenues au charbon et à l'air froid. Usine de Magny.

Les quatre feux d'affinerie comtois de l'usine du Magny ont été soufflés à l'air chaud dès l'année 1835, avant l'emploi du bois desséché. Les changements suivants ont été apportés à leur montage, après plusieurs tâtonnements : leur profondeur, comptée au-dessous du vent, a été réduite de 19 à 16 centimètres; l'inclinaison moyenne des deux tuyères, qui était de 8° $\frac{1}{2}$, a été amenée à 6°; l'œil des buses, qui avait 25 millimètres de diamètre, en a reçu 26. D'ailleurs, la température de l'air

lancé n'excédait pas 120°, et sa pression manométrique était de 3,5 centimètres de mercure, comme pour le roulement à l'air froid.

On conçoit qu'on a dû diminuer la profondeur du feu pour que la décarburation de la fonte, qui s'effectue plus promptement à l'air chaud qu'à l'air froid, dans le trajet que font les gouttes détachées de la gueuse en fusion pour parvenir au fond du foyer, n'ait pas lieu au delà du terme convenable.

L'inclinaison du vent a été réduite, dansle but d'abaisser la température dans la partie inférieure du foyer, et par là de forcer la matière ferreuse qui, toutes choses égales d'ailleurs, se tient pâteuse plus longtemps à l'air chaud qu'à l'air froid, de se coaguler au moment convenable, ce qui n'aurait pas eu lieu, si un plus grand plongement des tuyères avait prolongé son état pâteux.

Enfin le plus grand diamètre donné à l'œil des buses a eu pour objet d'augmenter le volume de l'air lancé qui, sans cela, n'aurait pas renfermé assez d'oxygène pour la combustion du charbon, dont la quantité consommée dans un temps donné est peu au-dessous de celle du roulement à l'air froid, malgré l'économie produite par l'air chaud, à cause de la marche plus rapide de l'opération. Il en est résulté qu'on a introduit, dans chaque feu, 28 p. o/o de plus d'air en volume et 9 p. o/o de moins en poids. En effet, on déduit de la formule

$$Q = 289d^2\sqrt{\frac{h(1+0{,}004t)}{b \times h}}.$$

en y faisant :

		pour l'air froid.	pour l'air chaud.
d, diamètre de l'œil de chaque buse.	=	0,025	0,026
h, hauteur du manomètre près de la buse.	=	0,035	0,035
b, pression atmosphérique.	=	0,75	0,75
t, température de l'air à la buse.	=	12°	120°

D'abord, pour l'air froid, en remarquant qu'il y a deux buses :

$$Q = 0^{m^3},0756,$$

d'où par minute :

$$Q' = 4^{m^3},54,$$

volume qui, considéré sous la pression atmosphérique, devient :

$$Q'' = 4^{m^3},75.$$

En second lieu, pour l'air chaud, on a :

$$Q = 0^{m^3},098,$$

d'où par minute :

$$Q' = 5^{m^3},88,$$

volume qui devient, à la température de 12° et sous la pression atmosphérique :

$$Q'' = 4^{m^3},31.$$

Chaque feu d'affinerie produisait par mois 19.000 kil. à 20.000 kil. de fer en barreaux de tirerie de 40 millimètres de côté en carré, et on y consommait par 1.000 kil. de fer :

Fonte en gueuse et débris de moulage. .	1.330k.
Charbon (13,5 cuveaux de 0^{m3},50 l'un).	6^{m3},75

Lorsque les mêmes feux d'affinerie, déjà couverts depuis longtemps, étaient soufflés à l'air froid, on y traitait les mêmes fontes qui donnaient par mois 17.000 à 18.000 kil. de fer en barreaux

Digitized by Google

de tirerie de 40 centimètres de côté en carré, et on consommait par 1.000 kil. de fer :

Fonte et débris de moulage. . .	1.370k.
Charbon (15 cuveaux de 0m³,50)	7m³,50

On voit donc que le soufflage à l'air chaud avait diminué de 10 p. o/o la consommation du combustible, et de 3 p. o/o celle de la fonte, en augmentant de 11 p. o/o la production en fer.

Usine de Villersexel.

Les cinq feux d'affinerie comtois de l'usine de Villersexel ont été soufflés à l'air chaud, à la même époque que ceux de l'usine du Magny, et ont roulé ainsi pendant plus d'une année, avant l'emploi du bois desséché.

Le montage de ces feux d'affinerie a éprouvé les mêmes changements qu'au Magny, c'est-à-dire qu'on a diminué leur profondeur au-dessous du vent de 3 à 4 centimètres, qu'on a donné 2° à 2° ½ d'inclinaison de moins aux tuyères, et qu'on a augmenté d'un millimètre le diamètre de l'œil des buses, afin d'accroître le volume de l'air lancé aussi à la température de 120° environ, et sous la pression de 3,5 centimètres de mercure.

La production mensuelle de chaque feu s'est élevée à 20,000 kil. de barreaux de tirerie de 40 millimètres de côté en carré, et la mise aux mille kilogrammes de fer a été de :

Fonte.	1.320k.
Charbon (13 cuveaux de 0m³,50).	6m³,50

Précédemment, dans le roulement à l'air froid, les feux étant aussi couverts, on obtenait par mois 18,000 kil. de fer en barreaux de tirerie de mêmes dimensions, en consommant par 1.000 kil. de fer :

Fonte.	1.350k.
Charbon (14,5 cuveaux de 0m³,50).	7m³,25

Digitized by Google

Par conséquent le soufflage à l'air chaud avait procuré une économie de 13 p. o/o sur la consommation du combustible, et diminué de 3 p. o/o celle de la fonte, en augmentant de 11 p. o/o la production en fer.

Les six feux d'affinerie comtois de l'usine de Bonnal ont reçu l'air chaud en même temps que ceux des usines de Villersexel et du Magny, et ont roulé, soufflés ainsi, pendant un an, jusqu'à l'époque où ils ont été alimentés en partie avec du bois desséché. On les a montés absolument de la même manière que dans les deux autres usines, et on a reconnu aussi qu'on ne pouvait obtenir de bons fers qu'autant que la température de l'air lancé n'excédait pas 120°. Usine de Bonnal.

Chaque feu produisait par mois 20.000 kil. de fer en barreaux de tirerie de 40 millimètres de côté en carré, en consommant par 1.000 kil. de fer :

Fonte.	1.320k.
Charbon (13,2 cuveaux de 0m3,50).	6m3,60

La moyenne des roulements à l'air froid donnait une production mensuelle de 18.000 kil. de fer par feu, et une consommation, par 1.000 kil. de fer, de :

Fonte.	1.350k.
Charbon (15 cuveaux de 0m3,50).	7m3,50

Il en résulte que le soufflage à l'air chaud avait fait économiser 11 p. o/o sur le combustible et 2 p. o/o sur la fonte, en augmentant la production de 11 p. o/o.

C'est à la fin de 1838 qu'on a commencé à souffler à l'air chaud les feux d'affinerie comtois couverts de l'usine d'Audincourt, pour l'affinage des fontes grises obtenues au charbon et à l'air froid. On a reconnu, après un grand nombre d'essais, Usine d'Audincourt.

Digitized by Google

que la température de 80° était celle qui convenait le mieux. Au delà de ce terme jusqu'à 150°, le fer obtenu était toujours de bonne qualité, mais l'affinage se trouvait retardé, et la consommation en combustible augmentait. Entre les températures de 150° et 300°, le fer devenait de plus en plus cassant, sans doute parce que le carbone et peut-être le silicium se combinaient de nouveau avec la masse ferreuse, dont la décarburation s'opérait trop rapidement pour qu'on pût arrêter l'opération à temps, ou parce que la coagulation brusque résultant de la trop prompte décarburation de la matière ferreuse, empêchait le fer d'avoir toute l'homogénéité sans laquelle il ne peut être doué de ténacité.

Du reste, les changements apportés au montage des feux ont été analogues à ceux qu'on avait faits dans les usines précitées : on a réduit à 17 centimètres leur profondeur comptée au-dessous du vent, qui était de 20 centimètres pour le roulement à l'air froid ; on a donné 5° à 5° $\frac{1}{2}$ d'inclinaison aux tuyères, au lieu de 8° à 8° $\frac{1}{2}$; enfin le diamètre de l'œil des buses, qui avait 25 millimètres, a été porté à 27.

Maintenant on fabrique, par mois, dans chaque feu 20.000 kil. de fer, dont $\frac{3}{8}$ en largets de tôlerie, $\frac{3}{8}$ en barreaux de tirerie et $\frac{2}{8}$ en fer marchand, et la mise moyenne aux 1.000 kil. de fer est de :

Fonte et riblons.	1.300k.
Charbon (12 cuveaux de 0m³,55).	6m³,60

Précédemment, à l'air froid, on obtenait dans chaque feu couvert 21.000 kil. de fer des espèces indiquées ci-dessus, en consommant :

Fonte.	1.350k.
Charbon (14 cuveaux de 0m³,55). .	7m³,70

Ainsi, par l'emploi de l'air chaud, la consom-

Digitized by Google

mation du charbon a été diminuée de 14 p. o/o, et celle en fonte de 4 p. o/o, avantages à côté desquels s'est trouvée une diminution de 5 p. o/o dans la production en fer, qui doit être attribuée à ce que les fontes se sont trouvées d'un affinage plus difficile que celles qui étaient traitées à l'air froid.

Les feux d'affinerie comtois de l'usine de Bourguignon ont été mis à l'air chaud au commencement de 1839. La température de 100° a été adoptée comme la plus convenable, d'après plusieurs essais qui ont fait connaître que le fer prenait un gros grain et devenait cassant à partir de 180°. Du reste, on a fait les mêmes changements que dans les autres usines : la profondeur des feux, qui était de 19 centimètres au-dessous du vent, a été réduite à 16; l'inclinaison des tuyères, qui atteignait 7° ½ à 8°, n'a pas excédé 5°; enfin le diamètre de l'œil des buses a été porté de 25 millimètres à 26,5. Usine de Bourguignon.

Chaque feu produit, par mois, 18.000 à 20.000 k. de fer en largets de tôlerie et de fer marchand de diverses dimensions, en consommant par 1.000 kil. de fer :

Fonte.	1.300k.
Charbon (12 1/2 cuveaux de 0m³,55).	6m³,88

Dans le roulement à l'air froid, les feux déjà couverts donnaient aussi, par mois, 18.000 à 20.000 kil. de fer, et la consommation s'élevait en moyenne par 1.000 kil. de fer à :

Fonte.	1.375k.
Charbon (15 cuveaux de 0m³,55). .	8m³,25

L'emploi de l'air chaud a donc diminué de 16 p. o/o la consommation en combustible et de 6 p. o/o celle en fonte, sans apporter aucun changement à la production mensuelle.

Digitized by Google

Usine de Maizières.

L'un des deux feux d'affinerie comtois de l'usine de Maizières a été voûté et soufflé à l'air chaud, à la fin du mois d'août 1839. La température de l'air qu'on y lance n'excède pas 120°; la profondeur de ce feu est de 17 centimètres au-dessous du vent, au lieu de 20 centimètres qu'il avait à l'air froid; l'inclinaison moyenne des tuyères est de 6°, au lieu de 7° $\frac{1}{5}$; enfin le diamètre de l'œil des buses, qui avait 25 millimètres, en a maintenant 26.

Pendant les mois de septembre, d'octobre et de novembre 1839, la production mensuelle s'est élevée à 21.000 kil. de fer marchand de diverses dimensions, et la consommation par 1.000 kil. de fer, à :

Fonte.	1.330k.
Charbon (160 pieds cubes).	5m3,47

Ce feu, lorsqu'il roulait à l'air froid, produisait au maximum, par mois, 20.000 kil. de fer marchand, et consommait par 1.000 kil. de fer :

Fonte.	1.330k.
Charbon (220 pieds cubes).	7m3,54

La comparaison des résultats des deux roulements prouve qu'en couvrant le feu d'affinerie et en le soufflant à l'air chaud, on a économisé 27 p. 0/0 de combustible, et qu'on a augmenté de 10 p. 0/0 la production en fer. Quant à la quantité de fonte employée, elle n'a pas été moindre que dans l'affinage à l'air froid, par la raison que les fontes qu'on a traitées à l'air chaud jusqu'au mois de décembre 1839, se sont trouvées plus chargées de graphite que celles qu'on affinait ordinairement à l'air froid.

Usine du Vieux Noncourt.

Les deux feux d'affinerie champenois de l'usine du Vieux-Noncourt étaient les seuls du départe-

Digitized by Google

ment de la Haute-Marne soufflés à l'air chaud, lors de notre tournée dans ce département, en juillet 1839. Un grand nombre d'essais avaient démontré que la température de l'air ne devait pas excéder 150°; autrement, le fer prenait le grain de l'acier et devenait cassant. Déjà à 180°, il manquait de ténacité, et quand la température était portée à 250°, il était complétement cassant, soit parce que le carbone se combinait de nouveau avec la matière ferreuse, soit parce que l'épuration se faisait inégalement et empêchait le fer d'être homogène dans toutes ses parties.

Pour le roulement à l'air chaud, on n'a fait d'autre changement au montage des feux que de réduire à 5 pouces $\frac{3}{4}$ ou 155 millimètres leur profondeur au-dessous du vent, laquelle était précédemment de 6 pouces $\frac{1}{4}$ ou de 17 centimètres. En outre, on a donné un peu plus de vitesse à la roue hydraulique des deux soufflets pyramidaux de chaque feu, sans changer le diamètre de l'œil des buses; et il en est résulté que l'air lancé a renfermé assez d'oxygène pour la combustion du charbon, dont la quantité consommée dans un temps donné est à peu près la même que pour le roulement à l'air froid, à cause de la production plus grande en fer.

La production mensuelle s'est élevée à 20.000 k. de fer marchand de diverses dimensions, tandis qu'on n'en obtenait généralement à l'air froid que 18.000 kil.; et pendant quatre mois de roulement à l'air chaud, la consommation moyenne a été, par 1.000 kil. de fer, de :

Fonte. . . . . 1.320k.
Charbon (3,34 cuveaux de 56 pieds cubes l'un). $6^{m3},40$

Ainsi l'emploi à l'air chaud à 150° a procuré

une économie de 14 p. 0/0 sur la consommation du combustible et de 7 p. 0/0 sur celle de la fonte, en augmentant de 11 p. 0/0 la production en fer.

Usine d'Essarois. Les seuls feux d'affinerie bourguignons soufflés à l'air chaud dans le département de la Côte-d'Or et de la Haute-Marne, en juillet 1839, étaient celui de l'usine d'Essarois (Côte-d'Or), et le feu d'affinerie de Rochvilliers (Haute-Marne).

Le vent chaud a été introduit à Essarois au commencement de 1839, et les résultats qu'il a donnés dans les premiers temps étaient peu satisfaisants, le fer étant souvent cassant et dépourvu d'homogénéité. Ce grave défaut provenait de ce que l'air était lancé trop chaud, sa température atteignant parfois 220°, et de ce que l'appareil employé pour son chauffage ayant ses assemblages dans l'intérieur même du four à chaleur perdue, le mastic s'y maintenait difficilement, d'où résultaient des pertes d'air considérables. Mais on a obtenu du fer de bonne qualité à partir du moment où l'on a abaissé à 180° la température de l'air lancé; et même, on a pu fabriquer de bon fer en maintenant la température à 220°, pourvu qu'on substituât le bois vert au charbon pour l'avalage, comme nous le dirons bientôt, ce combustible produisant un abaissement dans la température du foyer.

Pour le roulement à l'air chaud, on a augmenté de 1°,5 l'inclinaison des tuyères, qui était de 1°,8 pour celle de derrière et de 2°,2 pour celle de devant, à l'effet de diminuer un peu la profondeur du feu et de retarder ainsi la décarburation de la fonte dans son trajet de la gueuse au fond du creuset, que l'air chaud tend à accélérer. En outre, on a porté à 12 lignes ou 27 millimètres

Digitized by Google

le diamètre de l'orifice de chaque buse, qui n'était que de 11 lignes ou 25 millimètres, d'où il est résulté que le volume de l'air à 180° a été plus grand de 59 p. 0/0 que celui de l'air froid, et que son poids, au contraire, a été moindre de 4 p. 0/0. En effet on déduit de la formule

$$Q = 289 d^2 \sqrt{\frac{h(1+0{,}004t)}{b \times h}}$$

en y faisant :

d, diamètre de l'œil de chaque buse. . .	= 0,027
h, hauteur du manomètre près de la buse.	= 0,027
b, pression atmosphérique.	= 0,75
t, température de l'air à la buse. . . .	= 180°

et, comme l'air est lancé simultanément par les deux buses, on a :

$$Q = 0^{m^3},1008,$$

d'où par minute :

$$Q' = 6^{m^3},048,$$

volume qui, sous la pression atmosphérique et à la température de 12°, devient :

$$Q'' = 3^{m^3},72.$$

Or, nous avons déjà calculé, en décrivant la méthode bourguignonne, la quantité d'air reçue par le feu d'affinerie d'Essarois roulant à l'air froid, et nous avons trouvé que le volume d'air lancé par minute était de $3^{m^3},78$ sous la pression de $0^m,777$, et de $3^{m^3},91$ sous la pression atmosphérique.

La quantité de fer marchand produite par mois a atteint 21.000 à 22.000 kil., et on a consommé par 1.000 kil. de fer :

Fonte.	1.380^k
Charbon (3,2 bannes de 50 pieds cubes).	$5^{m^3},48$

A partir de l'époque où ce feu a été couvert,

Digitized by Google

il a produit par mois, en roulant à l'air froid, 19.000 à 20.000 kil. de fer marchand de mêmes dimensions, en consommant par 1.000 kil. de fer :

Fonte.	1.400k.
Charbon (3,75 bannes de 50 pieds cubes).	6ms,40

On voit donc que, par le soufflage à l'air chaud, on a économisé 14 p. 0/0 sur la quantité de charbon consommée, et 1,4 p. 0/0 sur la fonte, en augmentant de 10 p. 0/0 la production en fer.

Usine de Rochvilliers.

Le feu d'affinerie bourguignon de l'usine de Rochvilliers, qui était couvert depuis deux ans, a été soufflé à l'air chaud dans le courant de mai 1839, au moyen d'une disposition toute particulière. L'une des deux buses y lance de l'air chauffé à 260°, et l'autre de l'air froid, ce qui doit produire le même effet que si le feu recevait de l'air à une température de 136°, moyenne entre celle de l'air chaud et celle de l'air froid, les poids de leurs volumes respectifs étant à peu près les mêmes. L'air chaud est introduit par la tuyère située du côté de la haire, et l'air froid par celle de devant. La buse d'air froid a 11 lignes ou 25 millimètres de diamètre, et celle d'air chaud a 12 ½ lignes ou 28 millimètres.

L'augmentation qu'a reçue l'orifice de la buse d'air chaud, et une addition de 2° environ aux inclinaisons des tuyères, dont l'une plongeait de 3° et l'autre de 2° ½, ont été les seuls changements apportés au montage du feu pour le roulement à l'air chaud. Par la plus grande inclinaison donnée aux tuyères, le trajet de la fonte dans le foyer s'est trouvé diminué, ce qui a retardé la décarburation qu'accélère le vent chaud et a obligé la matière ferreuse à ne se coaguler qu'après sa complète épuration.

Digitized by Google

On a obtenu ainsi du fer d'aussi bonne qualité que dans le roulement à l'air froid, et même souvent un peu plus nerveux.

Le feu produit par mois 20.000 kil. à 21.000 de fer marchand de diverses dimensions, en consommant par 1.000 kil. de fer :

Fonte.	1.350k.
Charbon (3,2 bannes de 56 pieds cubes).	6m³,13

Quand il roulait à l'air froid, après avoir été couvert, on obtenait par mois 19.000 kil. à 20.000 kil. de fer de mêmes dimensions, et la consommation par 1.000 kil. de fer s'élevait à :

Fonte.	1.400k.
Charbon (3,6 bannes de 56 pieds cubes).	6m³,88

D'où il résulte que le soufflage à l'air chaud a fait gagner 10 p. 0/0 sur le combustible consommé dans le roulement à l'air froid, et 3 p. 0/0 sur la fonte, en augmentant la production en fer de 10 p. 0/0.

2° Affinage des fontes obtenues au charbon et à l'ai chaud.

La plupart des hauts-fourneaux qui produisent des fontes destinées au moulage sont aujourd'hui soufflés à l'air chaud, et ce mode de soufflage a procuré plusieurs avantages importants : une économie de 12 p. 0/0 au moins a lieu sur la consommation en charbon faite à l'air froid; la proportion des minerais médiocres peut être augmentée de beaucoup dans le lit de fusion, sans que la bonne qualité des produits se trouve altérée ; les fontes étant retirées plus chaudes du creuset se moulent mieux, et comme elles contiennent plus de carbone libre, elles sont plus douces à la lime et au burin, tout en ayant autant de ténacité; les hauts-fourneaux soufflés à l'air chaud produisent journellement 10 à 15 p. 0/0 de fonte de plus que dans le roulement à l'air froid; ils peuvent

Digitized by Google

admettre tout le minerai que comportent les charges en charbon, quelques jours après la mise en feu, tandis qu'il faut plus de six semaines, dans le roulement à l'air froid, pour arriver à cette portée; enfin les dérangements sont plus rares et de courte durée.

Mais il n'existe encore qu'un très-petit nombre de hauts-fourneaux alimentés avec du charbon et produisant des fontes en gueuses, qui soient soufflés à l'air chaud, parce que les premiers essais d'affinage de ces fontes n'ont pas réussi parfaitement, ce qui provenait principalement de ce qu'on a voulu les traiter sans changer en aucune manière le montage des feux d'affinerie. Cependant il est certain qu'on peut en obtenir de bons fers par l'affinage à l'air froid, pourvu que la fusion de la fonte et la coagulation de la matière ferreuse soient rendues plus faciles que pour des fontes à l'air froid de même apparence, résultats auxquels on parvient en donnant au vent une inclinaison qui produise une température plus élevée dans la partie supérieure du feu, et en augmentant la profondeur du foyer, dans le double but de rendre plus grand le trajet des gouttes de fonte détachées de la gueuse et d'abaisser la température dans la région occupée par la matière ferreuse. Quoi qu'il en soit, on consomme plus de combustible que pour l'affinage des fontes obtenues à l'air froid, par suite des difficultés que présentent la fusion des fontes à l'air chaud et la coagulation de leur matière ferreuse; tandis que si on fait usage d'air chaud, l'élévation de température qui en résulte dans toute l'étendue du foyer, facilite la fusion, accélère la décarburation, et rend, par suite, plus prompt le passage à

Digitized by Google

l'état ferreux. On consomme alors moins de combustible que pour l'affinage à l'air froid des fontes produites à l'air froid, mais les résultats sont moins économiques que dans le traitement à l'air chaud des fontes à l'air froid. Par conséquent, le soufflage à l'air chaud ne sera adopté de la manière la plus utile, à la fois pour les hauts-fourneaux travaillant en fontes en gueuses et pour les feux d'affinerie, qu'autant que l'on portera avec le charbon, dans les hauts-fourneaux, une certaine quantité de bois vert, ce combustible, par l'abaissement de température qu'il produit, rendant les fontes peu différentes de celles qui sont obtenues à l'air froid. C'est ainsi que, dans les nombreux hauts-fourneaux que fait valoir M. Gauthier, et qui roulent tous à l'air chaud, on porte avec le charbon une proportion plus ou moins grande de bois desséché ou de bois vert, addition de laquelle il résulte que les fontes en provenant se comportent à l'affinage comme celles qu'ils donnaient précédemment en roulant à l'air froid. Nous avons dit d'ailleurs que les fontes ainsi obtenues à l'air chaud avaient la même composition chimique que les fontes à l'air froid.

Les considérations qui précèdent ont été confirmées par un grand nombre d'essais entrepris à Audincourt sur les fontes données par le haut-fourneau soufflé à l'air chaud et consommant soit du charbon seul, soit un mélange de charbon et de bois. **Usine d'Audincourt.**

On y a affiné à l'air froid des fontes au charbon et à l'air chaud, qui ont produit d'excellents fers, lorsque les feux d'affinerie étaient plus profonds que pour l'affinage ordinaire, et recevaient l'air sous un angle un peu moindre, le même que celui

Digitized by Google

qui était adopté pour l'affinage des fontes noires obtenues à l'air froid. Mais on a employé plus de combustible que pour le traitement des fontes à l'air froid. En effet, on a consommé par 1.000 kil. de fer :

Fonte.	1.330k.
Charbon (14,5 cuveaux de 0^{m3},55). . .	7^{m3},96

Et la production mensuelle n'a pas excédé 20.000 kil. de fer, tandis que l'affinage des fontes obtenues à l'air froid donnait par mois, d'après ce que nous avons dit précédemment, 21.000 kil. de fer, à raison d'une consommation, par 1.000 kil. de fer, de :

Fonte.	1.350k.
Charbon (14 cuveaux de 0^{m3},55).	7^{m3},70

Les mêmes fontes à l'air chaud, traitées dans des feux d'affinerie soufflés à l'air chaud, ont produit de très-bons fers, au moyen des dispositions suivantes : 1° l'inclinaison du vent a été rapprochée de l'angle qui donne le maximum de température dans la partie supérieure du foyer, à l'effet de faciliter la fusion de la fonte, plus difficile que pour les fontes à l'air froid ; 2° les feux ont reçu une profondeur un peu plus grande que pour l'affinage à l'air chaud des fontes obtenues à l'air froid, afin de favoriser la décarburation, en augmentant le parcours des gouttes de fonte dans l'intérieur du foyer, et d'accélérer la coagulation, en abaissant la température dans la région occupée par la matière ferreuse ; leur profondeur toutefois était moindre de 1 à 2 centimètres que celle des feux d'affinerie roulant à l'air froid, par la raison que l'air chaud qui hâte la décarburation pour les fontes à l'air chaud, comme pour celles à l'air froid, aurait fait coaguler la matière ferreuse

Digitized by Google

avant l'oxydation complète du silicium, si une profondeur plus grande avait abaissé par trop la température dans la partie inférieure du foyer. Par cet affinage, un feu produisait par mois 20.000 kil. de fer, en consommant :

Fonte.	1.320k.
Charbon (13 cuveaux de 0^{m3},55).	7^{m3},15

On voit donc que l'affinage des fontes obtenues à l'air chaud est moins avantageux que celui des fontes produites à l'air froid, puisque nous avons dit qu'on fabriquait les 1.000 kil. de fer dans des feux d'affinerie soufflés à l'air chaud en consommant :

Fonte.	1.300k.
Charbon (12 cuveaux de 0^{m3},55).	6^{m3},60

Enfin on a reconnu que les fontes produites par le haut-fourneau, lorsqu'il consommait, en roulant à l'air chaud, un mélange de charbon et de bois, ou de bois vert seul, se comportaient à l'affinage comme les fontes obtenues au charbon et à l'air froid, et que les consommations en combustible et en fonte, nécessaires pour leur affinage à l'air chaud, étaient à peu près les mêmes que pour les fontes du roulement à l'air froid, affinées également à l'air chaud.

Récapitulation des avantages du soufflage à l'air chaud.

Les faits et considérations exposés ci-dessus peuvent se résumer comme il suit :

1° L'air chaud est avantageux pour le traitement des fontes obtenues à l'air froid et au charbon, en ce qu'il diminue de 10 à 16 p. 0/0 la consommation du combustible qui se fait dans les feux d'affinerie couverts, et de 3 à 7 p. 0/0 celle de la fonte, en augmentant de 8 à 10 p. 0/0 la production en fer ;

2° Il est nécessaire pour l'affinage des fontes

Digitized by Google

obtenues à l'air chaud et au charbon, que l'on travaille à l'air froid plus désavantageusement que les fontes produites à l'air froid, mais son emploi ne procure pas les mêmes avantages que pour le traitement de ces dernières fontes;

3° Pour que l'air chaud donne tous les avantages possibles, à la fois dans les feux d'affinerie et dans les hauts-fourneaux, il faut qu'on porte dans ceux-ci du bois vert ou desséché avec le charbon, ou bien qu'on les alimente exclusivement avec le bois vert ou desséché, parce qu'alors les fontes produites se comportent à l'affinage comme celles des roulements à l'air froid;

4° Lorsque la température de l'air chaud n'excède pas les limites que nous avons indiquées suivant la nature des fontes soumises à l'affinage, les fers obtenus sont d'aussi bonne qualité que ceux qui proviennent de l'affinage à l'air froid;

5° Les feux d'affinerie soufflés à l'air chaud doivent être montés différemment de ceux qui reçoivent de l'air froid: comme la décarburation de la fonte est accélérée par ce soufflage, on doit la retarder, en diminuant de quelques centimètres la profondeur des feux pour accourcir le trajet à faire par les gouttes ou écailles de fonte détachées de la gueuse; il faut, en outre, abaisser la température dans la partie inférieure du foyer, en donnant un peu moins d'inclinaison au vent, afin que la coagulation de la matière ferreuse ne soit pas retardée et se fasse dès que le métal se trouve complétement épuré; enfin, on doit augmenter l'orifice des buses proportionnellement à la température de l'air lancé, afin que la quantité d'oxygène fourni par l'air dilaté soit suffisante pour la combustion du charbon, dont la quantité

Digitized by Google

consommée dans l'unité de temps est généralement un peu moindre que dans le roulement à l'air froid, parce que la marche plus rapide de l'opération ne compense pas l'économie du combustible produite par l'air chaud.

Quant à la moindre consommation en combustible, elle est due probablement à deux causes: d'abord, à ce que l'air échauffé a besoin de moins de chaleur pour prendre la température du foyer, et ensuite à ce que cet air agit plus énergiquement que l'air froid sur le charbon, dont la combustion est plus complète et doit produire une certaine quantité d'acide carbonique, tandis qu'il est vraisemblable, d'après ce que nous avons dit, que les gaz des feux d'affinerie soufflés à l'air froid n'en contiennent pas une proportion notable.

CHAPITRE V.

AFFINAGE AU CHARBON ET AU BOIS DESSÉCHÉ.

Le bois desséché ne peut être employé en proportion un peu forte dans les feux d'affinerie, qu'autant qu'ils sont soufflés à l'air chaud porté à la température de 200° au moins; autrement, les pièces de fer à forger qu'on place au milieu du combustible pendant la fusion de la fonte ne pourraient prendre la température du blanc soudant nécessaire pour le forgeage.

Nous ne connaissons que deux usines, celles de Lœuilley et du Clos-Mortier, dont les feux d'affinerie consomment du bois desséché ou torréfié, en recevant de l'air froid.

Le bois qu'on emploie dans le feu d'affinerie comtois de l'usine de Lœuilley est desséché impar- 1° A l'air froid. Usine de Lœuilley.

faitement dans une chambre dont la sole et le plafond sont en fonte, et les côtés en briques, et qui est chauffée extérieurement par la flamme perdue du feu d'affinerie. Ce four contient 2 stères environ de bois scié en morceaux de 13 centimètres de longueur, sur 16 centimètres de pourtour. La dessiccation dure 24 heures; elle fait perdre au bois 17 p. 0/0 environ de son volume et 20 p. 0/0 au plus de son poids. On ne met le bois desséché dans le feu d'affinerie qu'immédiatement avant le soulèvement de la matière ferreuse, lorsque la gueuse a été reculée et qu'on a enlevé la sorne; en effet, il n'est pas nécessaire alors que la température soit aussi élevée que pendant le chauffage des pièces à forger, et le succès de l'opération dépend principalement de l'action du vent introduit avec tout son volume. On en consomme une rasse de 2 $\frac{1}{2}$ pieds cubes, ou 0^{m3},085 mélangés avec $\frac{1}{4}$ de rasse, ou 0^{m3},021 de charbon pendant le soulèvement et l'avalage, en remplacement de $\frac{3}{4}$ de rasse ou 0^{m3},065 de charbon. Comme la rasse de bois desséché représente 0^{m3},102 de bois vert et 0^{m3},031 de charbon, en supposant le rendement du bois par la carbonisation de 33 p. 0/0 en volume, il en résulte que la substitution du bois desséché au charbon pour le soulèvement et l'avalage procure une économie de 30 p. 0/0 sur la consommation en charbon qui se faisait pour ces deux opérations, ou de 3 p. 0/0 sur la consommation totale, la quantité de charbon consommée pendant la première période de l'affinage étant de 4 rasses = 0^{m},34 de charbon, pour la fabrication d'une loupe qui donne ordinairement 60 kil. de fer marchand.

On pourrait avoir une économie plus grande de combustible, en mélangeant le charbon employé

Digitized by Google

pour la fusion de la gueuse et le chauffage du fer avec $\frac{1}{5}$ de bois desséché, car cette faible proportion ne pourrait abaisser la température au point d'empêcher les pièces de fer à forger de parvenir au blanc soudant.

La proportion du bois desséché employé n'est que le cinquième de celle du charbon, les 1.000 kil. de fonte ayant été obtenus en moyenne, depuis le 1er juillet 1838 jusqu'au 1er août 1839, avec $5^{m^3},49$ de charbon et $1^{m^3},03$ de bois desséché, ainsi que nous l'avons dit en parlant de la même usine de Lœuilley au sujet des avantages donnés par les feux d'affinerie couverts.

Les deux feux d'affinerie champenois de l'usine du Clos-Mortier consomment, depuis le mois de novembre 1838, un mélange de charbon et de bois torréfié, dans lequel le charbon entre pour $\frac{2}{3}$ en volume et le bois torréfié pour $\frac{1}{3}$. Ce dernier combustible est d'un brun jaunâtre et forme un intermédiaire entre le bois desséché et le charbon. On l'obtient par la torréfaction du bois dans des caisses en fonte montées suivant le système ardennais et chauffées extérieurement par la flamme perdue de l'un des deux hauts-fourneaux de l'usine. La distillation a lieu de telle manière que le bois perd ordinairement 33 p. 0/0 de son volume et 45 p. 0/0 de son poids. Usine du Clos-Mortier.

Il n'a été fait aucune modification au montage des deux feux d'affinerie pour l'emploi du bois torréfié; leurs dispositions sont les mêmes que par le passé, et nous les avons fait connaître en décrivant l'affinage champenois.

A partir du 1er novembre 1838 jusqu'au 1er mai 1839, les deux feux d'affinerie ont produit 197.370 kil. de fer marchand de diverses dimen-

Digitized by Google

sions et de barreaux pour tirerie de 58 centimètres de côté en carré, en consommant 264.870 kil. de fonte, 4.114,78 tonneaux de 6 ½ pieds cubes l'un, ou 915^{m3},48 de charbon, et 217,61 doubles stères ou 435$^{st.}$,22 de bois convertis en bois torréfié, d'où il suit que la production mensuelle des deux feux s'est élevée à 32.995 kil. de fer, et qu'ils ont consommé par 1.000 kil. de fer :

Fonte.	1.340$^{k.}$
Charbon.	4^{m3},62
Bois converti en bois torréfié.	2$^{st.}$,20

Comme le bois rend 33 p. o/o en volume, par la carbonisation en forêt, les 4^{m3},62 de charbon devaient provenir de 13$^{st.}$,86 de bois, de sorte qu'on a consommé en moyenne 16$^{st.}$,06 de bois par 1.000 kil. de fer obtenu.

Depuis le mois de mai 1837 jusqu'au 30 avril 1838, on avait obtenu dans les mêmes feux d'affinerie 378.280 kil. de fer marchand et de barreaux de tirerie, en consommant 506.524 kil. de fonte et 10.359,02 tonneaux ou 2.299^{m3},30 de charbon, ce qui correspond, par 1.000 kil. de fer, à :

Fonte. . . .	1.338$^{k.}$
Charbon. . .	6^{m3},08

Les 6^{m3},08 de charbon ayant été donnés par 18$^{st.}$,24 de bois, il en résulte que l'emploi du bois torréfié a procuré une économie de 12 p. o/o sur l'ancienne consommation au charbon seul. Quant à la production en fer, elle n'a pas varié, puisque les deux feux avaient produit 31.520 kil. de fer par mois, pendant le roulement au charbon seul de la campagne 1837-1838.

Si les feux d'affinerie du Clos-Mortier étaient soufflés à l'air chaud, leur consommation en combustible diminuerait nécessairement, non-

Digitized by Google

seulement par le bon effet du soufflage à l'air chaud, mais encore parce qu'on pourrait porter, comme on l'a fait dans les feux comtois dont nous allons parler, moitié de bois desséché au lieu du tiers, sans abaisser la température intérieure du foyer au-dessous de celle qui est nécessaire pour chauffer au blanc soudant le fer à forger; auquel cas, on emploierait $\frac{3}{10}$ de bois desséché avec $\frac{5}{10}$ de charbon pendant le chauffage du fer, et $\frac{2}{10}$ de bois desséché seul pendant le soulèvement et l'avalage.

M. Gauthier, comme nous l'avons dit, a fait usage d'air chaud, dès 1835, dans les feux d'affinerie comtois des nombreuses usines qu'il fait valoir, en continuant à les alimenter avec du charbon de bois. En 1837, il a consommé dans ces mêmes feux du bois desséché concurremment avec le charbon, et depuis 1838, il ne les alimente qu'avec du bois desséché. Nous allons faire connaître les résultats de la fabrication au bois desséché et au charbon, pour qu'il n'y ait pas de lacune dans notre description de la série des modifications qu'ont subies les procédés d'affinage. 2° A l'air chaud.

Usines du Magny, de Villersexel et de Bonnal.

Nous avons dit que l'affinage ne pouvait se faire convenablement dans un feu d'affinerie soufflé à l'air chaud, qu'autant qu'on diminuait à la fois l'inclinaison du vent et la profondeur du feu, comptée au-dessous de l'œil des tuyères; modifications nécessaires, d'une part, pour que la gueuse ne se trouve pas exposée à une température trop élevée dans la région supérieure du feu, ce qui la ferait fondre trop vite, et pour que la coagulation de la matière ferreuse, que l'air chaud tend à retarder par l'élévation de la température dans la partie inférieure du foyer, se fasse toujours au moment convenable; de l'autre,

Digitized by Google

afin que la décarburation de la fonte ne se trouve pas trop avancée, quand le métal arrive dans le fond du foyer, et que les différentes substances étrangères qui y sont associées au carbone aient le temps de s'oxyder complétement, sans qu'il se forme une nouvelle combinaison de carbone qui rendrait le fer aciéreux. Mais si, dans des feux d'affinerie ainsi disposés, on porte du bois desséché avec le charbon, de nouvelles modifications sont nécessaires pour qu'on obtienne de bons résultats: le vent doit recevoir un peu plus d'inclinaison que dans le roulement à l'air froid, c'est-à-dire 9 à 10 degrés pour l'affinage des fontes grises dans les feux comtois, au lieu de 7 à 8 degrés; et la profondeur doit être aussi plus grande qu'à l'air froid, c'est-à-dire de 8 p. = $0^m,217$ au-dessous du vent, au lieu de 7 p. $\frac{1}{4}$ = $0^m,195$. Par la plus grande inclinaison des tuyères, la gueuse qui, dans tous les cas, est placée à 10 ou 12 centimètres au-dessous de la nappe du vent, se trouve exposée à une température convenable, attendu que le bois desséché éloigne nécessairement de la surface le maximum de température, et la matière ferreuse, dont ce combustible accélère la coagulation par un abaissement de température dans la partie inférieure du foyer, ne loupe que quand elle est complétement épurée; d'un autre côté, par la plus grande profondeur du foyer, les gouttes de fonte ont un trajet plus grand à faire pour arriver au fond du creuset, de sorte que leur décarburation, qui est retardée par l'emploi du bois desséché, atteint le degré convenable, quand elles y parviennent. On doit, en outre, augmenter le diamètre des buses de 2 à 3 millimètres, pour que le feu reçoive à peu près autant d'air

Digitized by Google

en poids que dans le roulement au charbon seul; et l'air lancé, tout en conservant la pression manométrique de 3 à 4 centimètres de mercure nécessaire pour les feux comtois, doit avoir une température de 200 à 220°.

Voici comment on employait le bois desséché au Magny, à Villersexel et à Bonnal : dès que la loupe était tirée du feu, et que la gueuse était avancée, on remplissait le foyer avec une rasse de charbon contenant $0^{m3},10$, et on mettait par-dessus $\frac{1}{4}$ de rasse de bois desséché; puis, pendant le chauffage des pièces de fer à forger jusqu'au moment du soulèvement, on alimentait le feu avec 4 rasses de charbon et de bois mélangés à parties égales, et on finissait l'affinage avec $\frac{3}{4}$ de rasse de bois desséché seul. De cette manière, on employait 3 rasses de charbon et 3 rasses de bois desséché pour faire la loupe, produisant environ 80 kil. de fer en barreaux de tirerie de 40 millimètres de côté en carré, tellement que la consommation en combustible, par 1.000 kil. de fer fabriqué, s'élevait à $3^{m3},88$ de charbon et $3^{m3},88$ de bois desséché. Quant à la consommation en fonte, elle était communément de 1.320 kil. par 1.000 kil. de fer, comme dans le roulement à l'air chaud avec le charbon de bois, et la production mensuelle allait aussi à 20.000 kil. de fer par chaque feu. Ainsi, on consommait par 1.000 kil. de fer :

Fonte.	1.320$^{k.}$
Charbon. . .	$3^{m3},88$
Bois desséché.	$3^{m3},88$

Les $3^{m3},88$ de charbon devaient provenir de $11^{st.},64$ de bois vert, à raison d'un rendement par la carbonisation de 33 p. o/o en volume, et les $3^{m3},88$ de bois desséché devaient avoir été fournis

Digitized by Google

par $5^{st.}$,17 de bois vert, à raison d'un rendement de 75 p. o/o en volume par la dessiccation. La consommation totale en charbon et en bois desséché équivalait donc à $16^{st.}$,81 de bois vert par 1.000 kil. de fer fabriqué.

D'après ce que nous avons dit sur le roulement de ces mêmes feux d'affinerie au charbon seul et à l'air chaud, ils produisaient aussi par mois 20.000 kil. de fer en barreaux de tirerie, et ils consommaient en moyenne, par 1.000 kil. de fer :

Fonte. . . .	$1.320^{k.}$
Charbon. . .	6^{m3},62

Comme les 6^{m3},62 de charbon provenaient de $19^{st.}$,86 de bois vert, on voit que l'emploi simultané du bois desséché et du charbon procurait une économie de $3^{st.}$,05 de bois sur $19^{st.}$,86, ou de 15 p. o/o. Il en résultait un autre avantage, c'est que le fer acquérait de la qualité en devenant plus doux et plus tenace.

CHAPITRE V.

AFFINAGE AU BOIS DESSÉCHÉ SEUL.

Les résultats avantageux produits par l'emploi simultané du bois desséché et du charbon ont déterminé M. Gauthier à essayer de substituer complétement le bois desséché au charbon. Ces essais ont été couronnés d'un plein succès; et, depuis la fin de 1838, tous les feux d'affinerie comtois, au nombre d'une trentaine, que cet habile maître de forges fait valoir dans les départements de la Haute-Saône, du Doubs et du Jura, ne sont alimentés qu'avec du bois desséché. Il est résulté de cette substitution une modification essentielle dans l'ancien mode de fabrication : on ne chauffe

Digitized by Google

plus les pièces de fer à forger dans l'intérieur des feux, par la raison qu'elles ne pourraient plus y acquérir la température du blanc soudant nécessaire pour le forgeage; on y fond et affine seulement la fonte; et la loupe en provenant est convertie, soit en massiaux par le cinglage au marteau, soit en gros barreaux de tirerie par l'étirage immédiat aux cylindres. Les massiaux sont chauffés à la houille dans un four à réverbère, et ensuite passés aux cylindres pour être aussi convertis en barreaux de tirerie; mais ces barreaux sont plus forts que ceux qui résultent de l'étirage immédiat de la loupe, parce que sa température, plus élevée que celle des massiaux, permet de les étirer plus longtemps.

Faisons connaître les résultats de la fabrication du fer provenant de l'affinage des fontes avec le bois desséché, dans les usines du Magny, de Villersexel et de Bonnal, qui comptent 15 feux d'affinerie. Usines du Magny, de Villersexel et de Bonnal.

Nous dirons d'abord que les changements suivants ont été apportés aux dispositions des feux montés pour l'emploi simultané du bois desséché et du charbon :

1° On a augmenté l'inclinaison des tuyères d'environ 2°, en la portant à 10 à 12°, afin que la gueuse se trouvât toujours exposée à une température convenable pour la fusion de la fonte, l'emploi exclusif du bois desséché éloignant de la surface le maximum de température, et aussi pour que la matière ferreuse, dont ce combustible tend à accélérer la coagulation par un abaissement de température dans la partie inférieure du foyer, demeurât à l'état pâteux pendant tout le temps nécessaire à sa complète épuration;

Digitized by Google

2° On a rendu les feux plus profonds, en leur donnant 8 p. $\frac{1}{2}$=0^{m},23, au lieu de 21 centimètres au-dessous du vent, afin que les gouttes de fonte détachées de la gueuse, dont la décarburation est retardée par l'abaissement de la température dans toute l'étendue du foyer, pussent être exposées plus longtemps à l'action oxydante de l'air lancé;

3° La température de l'air, qui n'excédait pas 200°, a été portée à 260° pour faciliter la combustion du bois desséché;

4° Le diamètre de l'orifice de chacune des deux buses, qui était de 27 millim., a été porté à 13 lig. ou 29 millimètres; et comme la pression manométrique a été maintenue à 3,5 centimètres de mercure, il en est résulté que le volume de l'air lancé, considéré sous la pression atmosphérique et à la température moyenne de 12°, a été de 4^{m3},61, au lieu de 4^{m3},75; en effet, on déduit de la formule

$$Q = 289 d^2 \sqrt{\frac{h(1 \times 0{,}004\, t)}{b \times h}}$$

en y faisant :

d, diamètre des buses =0,029, d'où $d^2 \times 2$=0,00168.
h, hauteur du manomètre à la buse =0,035.
b, pression atmosphérique =0,75.
t, température de l'air à la buse = 260°.

$$Q = 0^{m3},146,$$

et par minute

$$Q' = 8^{m3},76.$$

Sous la pression atmosphérique et à la température de 12°, Q' devient :

$$Q'' = \frac{8{,}76 \times 0{,}785}{0{,}75\,(1 \times 0{,}004 \times 248).} = 4^{m3},61$$

Pour le roulement à l'air froid et au charbon,

Digitized by Google

les buses avaient 11 lignes de diamètre = $0^m,025$, et la pression atmosphérique était aussi de $0^m,035$, de sorte que le volume de l'air lancé sous la pression atmosphérique et à la température moyenne de 12°, était de $4^{m3},75$ (1).

L'affinage proprement dit a lieu comme quand on chauffe dans le feu les pièces de fer destinées au forgeage, c'est-à-dire que la fusion de la fonte, le soulèvement et l'avalage sont conduits absolument de la même manière que dans l'ancien travail comtois. On obtient, en deux heures, une loupe qui, cinglée, donne 80 à 85 kil. de fer en massiaux, et la production mensuelle d'un feu d'affinerie s'élève à 27 ou 28.000 kil. de massiaux. On consomme, en moyenne, par 1.000 kil. de massiaux :

Fonte.	1.200^k.
Bois desséché.	$8^{m3},00$

Quand on cingle la loupe au marteau, on la divise d'abord en deux gros massiaux qu'on forge immédiatement et qu'on divise ensuite en deux massiaux de 27 centimètres de longueur, sur

(1) On voit que, dans ce cas, comme dans ceux qui ont été cités précédemment, le poids de l'air chaud est moindre que celui de l'air froid, par suite de la diminution dans la consommation du combustible, et cependant les machines soufflantes, pour le roulement à l'air chaud des feux d'affinerie, doivent aller un peu plus vite que quand ils sont soufflés à l'air froid, ce qui tient à ce que le volume engendré par les pistons doit être plus grand que pour le roulement à l'air froid, à cause des pertes d'air qui sont plus considérables. C'est pour cela, et aussi parce que la résistance de l'air comprimé par le piston se trouve augmentée, que le moteur doit avoir un peu plus de force. Il en est de même pour les hauts-fourneaux soufflés à l'air chaud.

Digitized by Google

10 centimètres de côté en carré, de sorte que la loupe produit quatre petits massiaux pesant chacun environ 20 kil. Ces massiaux sont chauffés à la houille dans un four à réverbère et étirés aux cylindres en barreaux de tirerie de 30 lignes ou 67 millimètres de côté en carré, transformation qui exige par 1.000 kil. de barreaux :

Massiaux.	1.100k.
Houille de Rive-de-Gier (6 1/2 hectolitres).	500

Les barreaux de 67 millimètres de côté sont ensuite chauffés à la houille dans un four à réverbère et passés aux cylindres, pour être convertis en verge n° 23, de 6 millimètres de diamètre, destinée aux tréfileries. Il faut, pour obtenir 1.000 kil. de verge de tirerie :

Barreaux de 67 millimètres de côté. . .	1.080k.
Houille de Rive-de-Gier (7 hectolitres).	525

De sorte que les 1.000 kil. de verge de tirerie exigent :

Fonte.	1.520k.
Bois desséché.	9m3,50

Au Magny et à Bonnal, M. Gauthier a établi des cylindres ébaucheurs entre lesquels on étire la loupe telle qu'elle sort du feu d'affinerie, c'est-à-dire sans l'avoir cinglée au marteau. Par ce moyen, on économise la houille nécessaire au chauffage des massiaux et la majeure partie des frais de main-d'œuvre qu'exige leur étirage, le service des cylindres ébaucheurs se faisant par le forgeron et le goujat de chaque feu, aidés d'un seul autre ouvrier. Ce mode de fabrication permet d'ailleurs d'obtenir, ainsi que nous l'avons dit, des barreaux de plus petites dimensions que par l'étirage des massiaux, à cause de la haute température de la

Digitized by Google

loupe, ce qui diminue le déchet du fer, en même temps que la consommation de houille nécessaire pour les transformer en verge de tirerie. Les barreaux donnés immédiatement par la loupe ont 26 lignes = 58 millimètres de côté en carré, et on consomme par 1.000 kil. de ces barreaux :

Fonte.	1.300k.
Bois desséché.	8^{m3},25

Ensuite, pour convertir ces barreaux de 58 millimètres de côté en verge de tirerie n° 23 de 6 mill. de diamètre, on compte par 1.000 kil. de verge :

Barreaux de 58 millimètres de côté. . . .	1.080k.
Houille de Rive-de-Gier (6 1/2 hectolitres).	500

de sorte que les 1.000 kil. de verge de tirerie prennent :

Fonte.	1.404k.
Bois desséché.	8^{m3},91

Ainsi, d'un côté, pour obtenir les 1.000 kil. de verge cylindrée, par l'étirage successif des massiaux et des barreaux de 67 millimètres de côté, il faut 1.520 kil. de fonte et 9^{m3},50 de bois desséché; de l'autre, pour l'étirage immédiat de la loupe et le passage aux cylindres des barreaux de 58 millimètres de côté, on consomme seulement 1.404 k. de fonte et 8^{m3},391 de bois desséché. On voit, par cette comparaison, que l'emploi des cylindres ébaucheurs est plus avantageux sous le rapport de la consommation des matières, puisqu'il économise 7 p. o/o sur la fonte et 6 p. o/o sur le bois desséché.

A l'époque où les feux d'affinerie des mêmes usines étaient alimentés avec le charbon de bois seul, et roulaient à l'air froid, on consommait

Digitized by Google

en moyenne, d'après ce que nous avons dit, par 1.000 kil. de fer en barreaux de tirerie de 18 lignes ou de 40 millimètres de côté en carré :

Fonte. . . .	$1.350^{k.}$
Charbon. .	$7^{m3},40$

et dans le roulement à l'air chaud, pour la même fabrication :

Fonte. . . .	$1.320^{k.}$
Charbon. .	$6^{m3},62$

Comme la transformation de ces barreaux en verge cylindrée, n° 23., exigeait par 1.000 kil. de verge,

Barreaux de 40 millimètres de côté en carré.	$1.070^{k.}$
Houille de Rive-de-Gier (6 hectolitres). . .	450

il s'ensuit qu'il fallait, dans le roulement à l'air froid, par 1.000 kil. de verge cylindrée,

Fonte. . . .	$1.445^{k.}$
Charbon. .	$7^{m3},92$

tandis qu'à l'air chaud on consommait :

Fonte. . . .	$1.412^{k.}$
Charbon. . .	$7^{m3},08$

Or, d'une part, $9^{m3},92$ de charbon provenaient de $23^{st},76$ de bois, et $7^{m3},08$ de charbon, de $21^{m3},24$ de bois, à raison d'un rendement par la carbonisation de 33 p. o/o en volume ; de l'autre, les $8^{m3},91$ de bois desséché, consommés dans le travail avec les cylindres ébaucheurs, sont donnés par $11^{st},88$ de bois vert, à raison d'un rendement par la dessiccation de 75 p. 100 en volume, et les $9^{m3},50$ de bois desséché, consommés dans le travail au marteau, proviennent de $12^{st},66$ de bois vert. Ainsi, le nouveau mode de fabrication, quand la loupe est cinglée au marteau, procure une économie de $11^{st},10$ sur $23^{st},76$, ou de 48 p. o/o

sur le combustible consommé dans le roulement au charbon et à l'air froid, et de 8st,58 sur 21st,24, ou de 40 p. 0/0 sur le combustible consommé dans le roulement au charbon et à l'air chaud; tandis que, quand la loupe est étirée aux cylindres, l'économie du combustible est de 11st,88 sur 23st,76, ou de 50 p. 0/0 pour le roulement à l'air froid, et de 9st,36 sur 21st,24, ou de 40 p. 0/0 pour le roulement à l'air chaud.

Si on compare les prix de revient du fer fabriqué suivant le nouveau procédé, avec celui du fer obtenu au charbon de bois le plus économiquement possible, au moyen du soufflage à l'air chaud, on reconnaît que l'économie d'argent est presque nulle, quand on convertit la loupe en massiaux par le cinglage au marteau, mais qu'elle s'élève à 9 p. 0/0 lorsque la loupe est passée immédiatement aux cylindres ébaucheurs. En effet, nous aurons, en considérant toujours le fer parvenu à l'état de verge cylindrée n° 23, afin d'avoir des résultats bien comparables, et dans la supposition que le stère de bois aurait coûté 5 fr. sur pied en 1839, et que les 1.000 kil. de fonte seraient revenus à 200 fr.:

1° *Pour* 1.000 *kil. de verge cylindrée n°* 22, *obtenus avec les barreaux provenant de l'étirage aux cylindres des massiaux forgés au marteau.*

A. par 1.000 kil. de massiaux.

Digitized by Google

			fr.
Fonte (1.200 kil. à 200 fr. les 1.000 kil. . .			256,00
		fr.	
Bois desséché, 8^{ms} provenant de $10^{\text{st.}}$,66 de bois vert.	Prix du bois ($10^{\text{fr.}}$, 66, à $5^{\text{fr.}}$).	53,30	78,65
	Abattage, façon et cordage, $0^{\text{fr.}}$,30 par stère.	3,50	
	Transport à une distance moyenne de $8^{\text{k.}}$ ($0^{\text{fr.}}$,28 par 1.000 kilog. et par kil., ou $0^{\text{fr.}}$,10 par stère pesant $360^{\text{k.}}$).	8,52	
	Empilage dans l'usine ($0^{\text{fr.}}$,05 par stère).	0,53	
	Dessiccation, sciage, fendage et frais y relatifs ($1^{\text{fr.}}$,20 par stère).	12,79	
Main-d'œuvre.			14,00
Cours d'eau, intérêt de fonds, régie, réparations, contributions et frais divers.			35,00
Total.			383,65

B. par 1.000 kil. de barreaux de 67 millimètres de côté en carré.

	fr.
Massiaux (1.100$^{\text{k.}}$ à 383$^{\text{fr.}}$,65). . .	422,02
Houille (6,5 hectolitres, à 3$^{\text{fr.}}$).	19,50
Main-d'œuvre.	4,00
Cours d'eau, régie, réparations et frais divers.	10,00
Total.	455,52

C. par 1.000 kil. de verge cylindrée, n° 23.

	fr.
Barreaux de 67 millimètres de côté (1.080$^{\text{k.}}$ à 455$^{\text{fr.}}$,52).	491,96
Houille (7 hectolitres, à 3$^{\text{fr.}}$). .	21,00
Main-d'œuvre.	4.00
Cours d'eau, régie, réparations et frais divers.	10,00
Total.	526,96

2° *Par* 1.000 *kil. de verge cylindrée, n°* 23,

Digitized by Google

obtenue avec les barreaux provenant du passage de la loupe aux cylindres ébaucheurs.

A. par 1.000 kil. de barreaux de 58 millimètres de côté en carré :

			fr
Fonte (1.300 kil., à 200 fr. les 1.000 kil.). . .			260,00
Bois desséché, 8m3 provenant de 11st. de bois vert.	Prix du bois (11st., à 5fr. comme ci-dessus).	fr. 55,00	83,05
	Abattage, façon et cordage (0fr.,30 par stère, comme ci-dessus).	3,30	
	Transport à une distance moyenne de 10k. (0fr.,10 par stère et par kilomètre, comme ci-dessus).	11,00	
	Empilage dans l'usine (0fr.,05 par stère, comme ci-dessus).	0,55	
	Dessiccation, sciage, fendage et frais y relatifs (1fr.,20 par stère, comme ci-dessus).	13,20	
Main-d'œuvre.			20,00
Cours d'eau, intérêt de fonds, régie, réparations, contributions et frais divers.			50,00
Total.			413,05

B. par 1.000 kil. de verge cylindrée, n° 23.

	fr.
Barreaux de 58 millimètres de côté (1.080k. à 413fr.,05 les 1.000k.).	446,10
Houille (6 1/2 hectolitres, à 3fr.).	19,50
Main-d'œuvre.	4,00
Cours d'eau, régie, réparations et frais divers.	15,00
Total.	484,60

3° *En fabriquant le fer au charbon seul et à l'air chaud, le prix de revient des 1.000 kil. de*

Digitized by Google

verge cylindrée, n° 23, se serait élevé à 517 fr., d'après les données qui suivent :

A. par 1.000 kil. de barreaux de 40 millimètres de côté en carré.

			fr.
Fonte (1.320$^{k.}$, à 200$^{fr.}$ les 1.000$^{k.}$). . . .			264,00
Charbon 6^{m3},62, provenant de 19$^{st.}$,86 de bois vert.	Prix du bois (19$^{fr.}$,86, à 5$^{fr.}$).	fr. 99,30	119,95
	Abattage, façon et cordage (0$^{fr.}$,30 par stère comme ci-dessus). . .	5,96	
	Dressage en meules et feuillage (0$^{fr.}$,20 par stère).	3,97	
	Cuisage (0$^{fr.}$,09 par stère).	1,79	
	Transport à une distance moyenne de 16$^{k.}$ (0$^{fr.}$,37 par 1.000$^{k.}$ et par kilomètre, ou 0$^{fr.}$,08 par mètre cube de charbon pesant 216$^{k.}$).	8,47	
	Mise en halle (0$^{fr.}$,07 par mètre cube de charbon.	0,46	
Main-d'œuvre.			21,00
Cours d'eau, intérêt de fonds, régie, réparations, contributions et frais divers. . .			59,00
Total. . . .			463,95

B. par 1.000 kil. de verge cylindrée, n° 23.

	fr.
Barreaux de 40 millimètres de côté (1.070$^{k.}$, à 463$^{fr.}$,94 les 1.000$^{k.}$).	496,42
Houille (6 hectolitres, à 3$^{fr.}$).	18,00
Main-d'œuvre.	4,00
Cours d'eau, régie, réparations et frais divers.	15,00
Total	533,42

Ainsi, le travail au bois desséché, quand on fait les massiaux au marteau, procure, sur le prix

de revient des 1.000 kil. de verge cylindrée n° 23, obtenue avec le fer fabriqué au charbon de bois et à l'air chaud, une économie qui n'excède pas 7 fr. 46 c., tandis que l'avantage est de 48 fr. 82 c. ou de 9 p. o/o, lorsque la loupe, au lieu d'être transformée en massiaux, est passée immédiatement aux cylindres ébaucheurs, pour être convertie en barreaux.

Nous devons remarquer toutefois que si l'usage des cylindres ébaucheurs est plus économique que l'emploi du marteau, il a contre lui de donner moins d'homogénéité et de ténacité au fer qui, par le cinglage au marteau, est mieux dépouillé des scories dont la loupe est accompagnée. De plus, il exige une dépense de dix à douze mille francs pour l'établissement de tels cylindres, et tous les cours d'eau ne sont pas susceptibles de donner une force motrice à peu près double de celle qui suffit pour les marteaux ordinaires; en effet, la force motrice nécessaire pour faire mouvoir des cylindres ébaucheurs est d'environ quinze chevaux effectifs, comme nous allons l'établir par deux exemples :

1° A Bonnal, quand on fait marcher seuls les nouveaux cylindres ébaucheurs, on lève de $0^m,05$ la vanne de la roue hydraulique qui peut aussi faire mouvoir les cylindres étireurs de la verge de tirerie, et la charge d'eau sur le seuil inférieur de cette vanne qui a $4^m,22$ de largeur étant de $1^m,95$, il résulte de la formule :

$$Q = 1,87\,L\,(H\sqrt{H} - h\sqrt{h})$$

en y faisant :

Digitized by Google

$$L = 4^{m},22$$
$$H = 1^{m},95$$
$$h = 1^{m},90$$
$$Q = 0^{m3},71$$

d'où

$$P = 710^{k}$$

la chute totale C étant de $4^{m},40$ on a :

$$P\ C = 3122^{km}.$$

Comme la roue hydraulique est une roue à palettes emboîtées dans un coursier circulaire, et que la hauteur dont l'eau descend excède la moitié de la chute totale, on doit prendre les $\frac{40}{100}$ du travail absolu du moteur pour avoir l'effet utile. Par conséquent, la force effective de la roue sera égale à $\frac{3122 \times 0,40}{75} = 16,5$ chevaux-vapeur.

2° Au Magny, les cylindres ébaucheurs sont mus par une roue à augets pour laquelle on a :

$$L = 4^{m},00$$
$$H = 1^{m},20$$
$$h = 1^{m},06$$
$$C = 4^{m},20$$

d'où

$$Q = 0^{m},523$$
$$P = 523^{k}$$
$$PC = 2197^{km}$$

En admettant que l'effet utile transmis par la roue soit les 0,50 de la force dynamique du cours d'eau, on aura, pour l'expression de cet effet utile, 1098^{km} correspondant à 14,64 chevaux-vapeur.

Récapitulation des avantages de l'emploi exclusif du bois desséché.

En résumant ce que nous venons de dire sur les feux d'affinerie des usines de Magny, de Villersexel et de Bonnal, qui roulent depuis plus d'une année en consommant uniquement du bois

Digitized by Google

desséché, on voit que deux procédés de fabrication y sont suivis : par l'un, on cingle la loupe au marteau, comme dans l'ancienne méthode, pour la transformer en massiaux; mais, au lieu de porter ces massiaux dans les feux d'affinerie, on les chauffe deux fois successivement à la houille pour les étirer aux cylindres et les convertir en verge de tirerie; par l'autre, on passe la loupe aux cylindres, à la sortie des feux d'affinerie, et on obtient ainsi des lopins de dimensions plus petites que les massiaux forgés au marteau, lesquels sont chauffés une seule fois à la houille, pour être convertis en verge de tirerie par l'étirage aux cylindres. Le premier mode de fabrication diminue la consommation du combustible végétal, faite dans le roulement au charbon et à l'air froid, de 48 p. o/o, et celle du roulement à l'air chaud, de 41 p. o/o; le second mode diminue la consommation du combustible nécessaire pour le roulement au charbon et à l'air froid, de 50 p. o/o, et celle du roulement à l'air chaud, de 44 p. o/o. Quant à la consommation en fonte, elle est plus forte de 7 p. o/o que dans le roulement au charbon et à l'air chaud, pour le travail en massiaux, tandis qu'elle est un peu moindre, lorsque la loupe est étirée immédiatement aux cylindres. Dans tous les cas, la production en fer est augmentée de 10 p. o/o au moins. Le travail en massiaux donne peu d'avantage pécuniaire sur le prix de revient de la verge de tirerie, mais l'étirage aux cylindres porte l'économie à 9 p. o/o de ce prix de revient. Le chauffage à la houille n'altère nullement la qualité des produits; le fer obtenu, quand on cingle la loupe au marteau, étant aussi bon que celui qui est fabriqué par l'ancienne méthode.

Digitized by Google

Enfin un autre avantage, c'est que la quantité des gaz combustibles s'échappant des feux d'affinerie est augmentée d'un cinquième au moins, ce qui porterait à 10 chevaux-vapeur l'équivalent du pouvoir calorifique de leur chaleur perdue.

CHAPITRE VI.

AFFINAGE AU CHARBON ET AU BOIS VERT.

Usine de Semouze.

Le soufflage à l'air chaud a été introduit dans l'usine de Semouze en mai 1838; mais les premiers essais n'ont pas réussi, parce que la matière ferreuse provenant de la fusion de la fonte se formait difficilement en loupe, par suite de la température trop élevée de la partie inférieure du foyer, ce à quoi cependant il eût été facile de remédier en diminuant un peu l'inclinaison des tuyères et en augmentant la profondeur du feu. Comme on ne songea pas à ces modifications bien simples, on chercha à abaisser la température en employant du bois vert à la fin de l'affinage, et par ce moyen, on parvint à faire coaguler la matière ferreuse aussi facilement que dans le roulement à l'air froid, sans avoir besoin de faire aucun changement au montage des feux. Seulement, on a porté à 12 lignes = 27 millimètres le diamètre de l'œil des buses, qui n'avait que 11 lignes = 25 millimètres, afin que le volume de l'air chauffé à 200° environ et lancé sous la même pression qu'à l'air froid renfermât la quantité d'oxygène nécessaire à une bonne allure. Voici comment on conduit l'opération :

La fusion de la fonte et le chauffage des pièces de fer à forger se font entièrement au charbon;

Digitized by Google

on n'emploie le bois que pendant le soulèvement et l'avalage, pour lesquels on les mélange avec $\frac{1}{8}$ de charbon en volume. La loupe qui donne 60 kil. de fer, s'obtient en deux heures avec 4 rasses de combustible, savoir : 3 rasses $\frac{1}{4}$ de charbon faisant 0^{m}.325, et $\frac{3}{4}$ rasses ou 0^{m3},075 de bois vert. Il faut d'ailleurs 76 à 80 kil. de fonte. Ainsi, on consomme par 1.000 kil. de fer :

Fonte. . . .	1.300$^{k.}$
Charbon. .	5^{m3},40
Bois vert. .	1$^{st.}$,25

Et la production mensuelle s'élève à 16.000 kil. de fer.

Quand les feux d'affinerie, qui sont couverts depuis longtemps, roulaient au charbon seul et à l'air froid, ils consommaient par 1.000 kil. de fer :

Fonte. . . .	1.350$^{k.}$
Charbon. .	6^{m3},80

Alors la production mensuelle n'excédait pas 15.000 kil. de fer.

Comme 5^{m3},40 de charbon proviennent de 16$^{st.}$,20 de bois, le rendement par la carbonisation étant ordinairement de 33 p. 0/0 en volume, il s'ensuit qu'il faut 17$^{st.}$,45 de bois vert pour obtenir les 1.000 kil. de fer dans le nouveau mode de fabrication ; tandis qu'il en fallait précédemment 20$^{st.}$,40. Par conséquent, le soufflage à l'air chaud et l'emploi du bois vert, dans la proportion de $\frac{3}{13}$ du charbon, ont fait économiser 2$^{st.}$,95 sur 20$^{st.}$,40, ou 14 p. 0/0 environ. En outre, on a obtenu une diminution de 4 p. 0/0 sur la consommation de la fonte et une augmentation de 6 p. 0/0 dans la production journalière en fer. Enfin l'emploi du bois a rendu au fer la bonne qualité que lui avait fait

perdre, dans le roulement au charbon seul, le soufflage à l'air chaud, dont la température de 200° maintenait la matière ferreuse trop longtemps à l'état pâteux, et déterminait une nouvelle combinaison du carbone, par laquelle le fer devenait aciéreux.

Usine de l'Isle-sur-le-Doubs.

L'usine de l'Isle-sur-le-Doubs renferme deux feux d'affinerie comtois, dont l'un est soufflé à l'air froid, et l'autre à l'air chaud, depuis le commencement de 1839. On affine, dans ces deux feux, des fontes provenant du haut-fourneau de Clerval alimenté avec un mélange de charbon et de bois vert, dans lequel ce dernier entre pour un quart en volume; ce qui fait que ces fontes se comportent à l'affinage, ainsi que nous l'avons déjà dit, à peu près comme celles obtenues précédemment au charbon seul et à l'air froid.

Le feu soufflé à l'air froid a deux tuyères et deux buses; sa longueur intérieure est de $0^m,73$, sa largeur de $0^m,51$, et sa profondeur, comptée au-dessous de l'œil des tuyères, de $0^m,19$; les tuyères varment ou avancent dans le feu, savoir : celle de derrière, de $0^m,09$, avec une inclinaison de 8°, et celle de devant de $0^m,08$, avec une inclinaison de 7°; enfin l'œil de chaque buse a 22 millimètres de diamètre. On fabrique, par mois, dans ce feu 16.000 à 17.000 kil. de fer en barreaux de tirerie de 25 millimètres de côté en carré, en consommant par 1.000 kil. de barreaux :

Fonte. . . .	$1.320^{k.}$
Charbon. .	$7^{m3},70$

Le feu activé à l'air chaud n'a qu'une *seule* tuyère et une seule buse; sa longueur et sa largeur intérieures sont les mêmes que celles de l'autre feu; mais sa profondeur, comptée au-dessous

Digitized by Google

de l'œil de la tuyère, est de $0^m,21$ au lieu de $0^m,19$; la tuyère, d'ailleurs, varme de $0^m,08$ avec une inclinaison de 3° seulement; la buse a 44 millimètres sur 22, et le vent est lancé à une température d'environ 200°, qu'il acquiert en parcourant des tuyaux en fonte de 16 centimètres de diamètre disposés en spirale et chauffés par la chaleur perdue. La loupe, qui pèse ordinairement 65 kil., se fait en deux heures; la fusion de la fonte et le chauffage du feu exigeant une heure un quart, et le soulèvement et l'avalage de la matière ferreuse, trois quarts d'heure. On consomme, pour l'obtenir, 3 rasses $\frac{1}{4}$ de charbon faisant ensemble $0^{m3},39$, qu'on met dans le feu pendant la première période de l'opération, et $\frac{1}{4}$ de rasse ou $0^{m3},09$ de bois vert, qu'on y brûle seul pendant le soulèvement et l'avalage.

Quant à la consommation de la fonte, elle est de 82 à 85 kil. Ainsi, il faut, pour obtenir les 1.000 kil. de fer dans le feu soufflé à l'air chaud:

Fonte. . . .	1.280k.
Charbon. .	$6^m,00$
Bois vert. .	$1^{m3},38$

Et la production mensuelle est de 17.000 à 18.000 k. de fer en barreaux de 25 millimètres de côté en carré.

En comparant les deux roulements à l'air froid et à l'air chaud, on voit: 1° que la consommation en combustible qui, dans le travail à l'air froid, s'élève, par 1.000 kil. de barreaux de tirerie, à $7^{m3},70$ de charbon provenant de $23^{st},10$ de bois vert, ne dépasse pas $6^{m3},00$ de charbon provenant de 18 stères de bois vert et de $1^{st},38$ de bois vert, ou en tout de $19^{st},38$, dans le nouveau système de fabrication; de sorte que le soufflage à l'air chaud

Digitized by Google

et l'emploi du bois vert, dans la proportion de $\frac{3}{13}$ environ du charbon, ont procuré une économie de 16 p. o/o sur l'ancienne consommation de combustible;

2° Que la quantité de fonte nécessaire pour obtenir les 1.000 kil. de fer est moindre de 3 p. o/o que dans le travail à l'air froid;

3° Enfin, que la production en fer excède de 6 p. o/o celle du roulement à l'air froid.

Le feu d'affinerie, dans lequel on porte aujourd'hui du bois vert, a roulé pendant quelques semaines au charbon seul, en recevant de l'air chauffé à 200°; et, pendant ce roulement, les fers obtenus avaient une qualité inférieure à ceux du travail à l'air froid, ce qui devait provenir, comme à Semouze, de ce que la température, trop élevée du feu d'affinerie, s'opposait à ce que la coagulation de la matière ferreuse s'opérât au moment convenable, d'où résultait une nouvelle combinaison du carbone avec le métal. Mais dès le moment qu'on y a porté du bois vert pour le soulèvement et l'avalage, la température intérieure s'est trouvée abaissée, la matière ferreuse s'est coagulée quand son épuration a été complète, et le fer qu'on a obtenu a été d'aussi bonne qualité que celui qui provenait du feu soufflé à l'air froid. Aussi, quand nous avons visité l'usine de l'Isle-sur-le-Doubs dans le mois d'août 1839, comptait-on souffler prochainement à l'air chaud le second feu d'affinerie.

Usine d'Essarois. Nous avons dit que le feu d'affinerie bourguignon de l'usine d'Essarois marchait à l'air chaud en consommant du charbon, et que le nouveau soufflage avait procuré une économie de 11 p. o/o sur la consommation du combustible qui se faisait

Digitized by Google

dans le roulement à l'air froid. On a essayé, à différentes reprises, de porter du bois vert dans le feu au moment de l'avalage, et on s'en est bien trouvé ; mais, comme l'avalage, dans la méthode bourguignonne, ne dure que 5 minutes, la quantité de bois employée était nécessairement minime.

Dans notre tournée de 1839, nous avons conseillé à MM. Bougueret frères, propriétaires de cette usine, d'employer le bois vert pendant la fusion de la gueuse, et nous avons dirigé dans ce but quatre essais qui ont très-bien réussi. Nous avons fait remplir le foyer de charbon, après la sortie de la loupe ; puis, on l'a alimenté, pendant toute la durée du chauffage des pièces de fer à forger, avec un mélange à parties égales de charbon et de bois vert, et on a terminé l'opération avec du bois vert seul. On a obtenu, comme à l'ordinaire, en 40 minutes, des loupes donnant 22 à 26 kil. de fer ; et on a consommé, par loupe, 3 pieds cubes $=0^{m3},10$ de charbon et 2 $\frac{1}{4}$ pieds cubes $=0^{m3},77$ de bois vert, consommation qui correspond, par 1.000 kil. de fer, à $4^{m3},16$ de charbon, plus $3^{st},20$ de bois vert. Les $4^{m3},16$ de charbon devant provenir de $12^{st},48$ de bois vert, à raison d'un rendement de 33 p. 0/0 en volume par la carbonisation, il s'ensuit que la consommation en combustible a équivalu à $15^{st},68$ de bois vert par 1.000 kil. de fer obtenu. Or, nous avons dit que, dans le roulement à l'air chaud, on consommait ordinairement, par 1.000 kil. de fer, $5^{m3},48$ de charbon, lesquels provenaient de $16^{st},44$ de bois vert. Ainsi, l'économie donnée par le bois vert, employé comme nous l'avons fait, a été de $0^{st},76$ sur $16^{st},44$ ou de 4 $\frac{1}{2}$ p. 100 ; elle eût été plus considérable bien certainement, si le

feu avait été monté pour consommer une forte proportion de bois vert, et si l'appareil à air chaud, qui perdait beaucoup, avait été mastiqué à neuf et chauffé au delà de 180 degrés.

CHAPITRE VII.

AFFINAGE AU CHARBON, AU BOIS VERT ET A LA TOURBE.

Usine de Semouze.

Quand nous avons visité l'usine de Semouze, dans le courant du mois de juillet 1839, un des feux d'affinerie de cette usine, soufflés à l'air chaud depuis le mois de mai 1838, ainsi que nous l'avons dit, était alimenté avec du charbon de bois vert et de la tourbe sèche, et l'on était très-satisfait des résultats obtenus. La tourbe dont on fait usage est de couleur brune, herbacée et un peu spongieuse(1). La corde de 80 pieds cubes = 2st.,74, rendue à l'usine, revient à 11fr.,50, y compris les frais de transport s'élèvant à 2 fr. 50 cent., ce qui porte à 4 fr. 20 c. le prix du stère, tandis que le bois transporté à l'usine a coûté, en 1839, 5 fr. 50 c. le stère. Cette différence de prix, jointe à la supériorité du pouvoir calorifique de la tourbe,

(1) Nous avons analysé une tourbe de nature analogue, provenant des environs de St-Loup, que nous avons trouvée composée de :

Matières volatiles et liquides.	64,48
Charbon.	24,29
Cendres.	11,23
	100,00

Cette tourbe a donné avec la litharge 14,48 de plomb, tandis que le bois vert ne donne ordinairement que 13, d'où il suit que son pouvoir calorifique serait supérieur à celui du bois de 11 p. 0/0 environ.

Digitized by Google

fait qu'il y a avantage, à volume égal, à substituer la tourbe au bois. L'opération se conduit comme il suit :

Aussitôt la sortie de la loupe, on remplit le foyer de tourbe ; puis on l'alimente avec un mélange de tourbe et de charbon, dans la proportion de 3 de charbon pour 1 de tourbe, jusque après la fusion de la fonte, et on emploie le bois mélangé d'un peu de charbon pendant le soulèvement et l'avalage. La loupe, qui donne 60 kil. de fer forgé, s'obtient en 2 heures, et on consomme 4 rasses 3/4 de combustible, faisant ensemble $0^{m3},475$, savoir : 1 rase 1/4 de tourbe $= 0^{m3},125$, 2 rasses 3/4 de charbon $= 0^{m3},275$, et 3/4 rasse de bois $= 0^{m3},075$. Quant à la quantité de fonte consommée, elle s'élève à 80 kilogrammes. Par conséquent, il faut pour obtenir les 1.000 kil. de fer :

Fonte. . . .	$1.330^{k.}$
Charbon. .	$4^{m3},58$
Tourbe. . .	$2^{st.},08$
Bois vert. .	$1^{st.},25$

Nous avons dit précédemment que les feux d'affinerie de Semouze, roulant à l'air chaud et alimentés avec du charbon et du bois, consommaient par 1,000 kil. de fer :

Fonte. . . .	$1.300^{k.}$
Charbon. .	$5^{m3},40$
Bois vert. .	$1^{st.},25$

Comme $4^{m3},58$ de charbon proviennent de $13^{st},74$ de bois vert, le rendement par la carbonisation étant ordinairement de 33 p. o/o en volume, il s'ensuit que la consommation en charbon et bois, faite dans le nouveau mode d'affinage, équivaut à $14^{st},99$, tandis qu'en n'employant pas de tourbe, on consomme, en charbon et en bois,

Digitized by Google

17st,45 de bois vert. Il en résulte par conséquent que 2st,08 de tourbe remplacent 2st,46 de bois vert. D'ailleurs, la production en fer a été la même, c'est-à-dire qu'elle s'est élevée à 16.000 k. par mois.

Mais un inconvénient de l'emploi de la tourbe, c'est que ce combustible a augmenté de 2 1/2 p. 0/0 la consommation en fonte, qui s'est élevée à 1.330 kil., au lieu de 1.300 kil., par 1.000 kil. de fer. Cette plus grande consommation paraît inévitable, à cause des cendres que donne la tourbe en plus forte proportion que le bois, et qui diminuent nécessairement la masse ferreuse en passant à l'état de scories.

Enfin, pour ce qui concerne la qualité du fer, on a reconnu que l'emploi de la tourbe tendait à l'améliorer, en rendant le fer plus homogène et plus tenace.

Usine de la Chaudeau.

Les résultats que nous venons de signaler, ont été aussi obtenus à la manufacture de fer-blanc de la Chaudeau, lors d'essais faits en septembre 1838 par M. de Buyer : la tourbe a été employée plus avantageusement que le bois à volume égal ; la consommation en fonte s'est trouvée un peu augmentée, et la bonne qualité du fer n'a été nullement altérée. Les loupes obtenues pendant les 8 jours qu'ont duré ces essais, se faisaient, comme à l'ordinaire, en 2 heures 1/4, et donnaient 65 kil. de fer avec 90 kil. de fonte. La consommation en combustible s'est élevée, en moyenne, à 3 rasses 1/4, ou $0^{m3},375$ de charbon, et 1 rasse 3/4 ou $0^{m3},175$ de tourbe mélangés ensemble, de sorte que l'on consommait par 1.000 kil. de fer :

Fonte. . . .	1.380k.
Charbon. .	$5^{m3},77$
Tourbe. . .	2st.,69

Digitized by Google

Dans le roulement ordinaire, on consomme à la manufacture de fer-blanc de la Chaudeau par 1,000 kil. de largets de tôlerie :

Fonte. . . .	1 350k.
Charbon. .	6. ,80

Les 5ms,157 de charbon provenant de 17st,31 de bois vert, et les 6ms,80, de 20st,40, on voit que 2st,60 de tourbe ont remplacé le charbon produit par 3st,09 de bois.

CHAPITRE VIII.

AFFINAGE AU BOIS VERT SEUL.

L'un des feux d'affinerie comtois à deux tuyères de l'usine d'Audincourt, a roulé pendant deux mois et demi en 1839, en ne consommant que du bois vert flotté. Ce bois, dont les bûches avaient 1m,30 de longueur, était scié à la scie circulaire en bûchettes de 16 centimètres de longueur, qui étaient refendues quand leur pourtour excédait 20 centimètres (1). Les fontes qu'on y a affinées provenaient du haut-fourneau de la même usine, qui, alors, était soufflé à l'air chaud, et consommait du charbon avec une forte proportion de bois vert; et ces fontes, ainsi que nous l'avons dit, différaient peu, par leurs propriétés physiques et Usine d'Audincourt.

(1) Ce bois était scié à l'une des trois scies circulaires qui servaient à scier le bois que consommait le haut-fourneau d'Audincourt. Ces scies qui faisaient 600 tours par minute, étaient desservies par deux hommes, dont l'un apportait le bois, et l'autre le sciait. On passait à chaque scie, en 12 heures, 2 cordes de bois de 100 pieds cubes, ou 6st.,85. Un homme pouvait refendre, en 12 heures, 1 corde ou 3st.,42 de bûchettes, mais on ne refendait pas les bûchettes destinées au haut-fourneau.

Digitized by Google

chimiques, de celles qui étaient obtenues au charbon seul et à l'air froid.

Pour l'emploi exclusif du bois vert, on a fait les changements suivants au montage du feu qui, déjà, roulait à l'air chaud, en consommant du charbon :

1° On a augmenté l'inclinaison des tuyères, réduite à 6°, pour la tuyère de derrière, et à 5° pour celle de devant, comme nous l'avons dit, et on a reconnu que le plongement de 9° pour la tuyère de derrière, et de 8° pour celle de devant, était le plus convenable, inclinaison un peu plus grande que celle qui était adoptée pour le roulement à l'air froid et au charbon. Ce changement a eu pour but d'élever la température, tant dans la partie supérieure du foyer, afin que la gueuse pût fondre d'une manière convenable, que dans le fond du creuset, pour que la matière ferreuse restât pâteuse pendant tout le temps nécessaire à sa décarburation, l'emploi du bois ayant pour effet inévitable d'abaisser la température dans toute l'étendue du foyer.

2° On a augmenté la profondeur du feu, qui avait été réduite à 5 pouces 1/4 ou 17 centimètres, pour le roulement à l'air chaud, en la portant à 9 pouces ou 24 centimètres au-dessous du vent, profondeur plus grande de 4 centimètres que pour le roulement à l'air froid, de laquelle il est résulté que les gouttes de fonte détachées de la gueuse, qui se décarburent moins facilement au bois vert qu'au charbon, ont eu plus de trajet à faire pour parvenir au fond du creuset, et ont été exposées plus longtemps à l'action oxydante du vent. Cette augmentation de profondeur ne pouvait pas d'ailleurs faire coaguler trop prompte-

Digitized by Google

ment la matière ferreuse, vu l'élévation de température produite dans la partie inférieure du foyer par la plus grande inclinaison donnée au vent et par la haute température de l'air lancé.

3° Enfin, on a porté à 360° environ la température de l'air, en maintenant sa pression à 3,5 centimètres de mercure, mais sans changer l'œil des buses qui avait 27 millimètres de diamètre; de sorte que le volume de l'air lancé par minute s'est élevé à $10^{m3},80$. En effet, la formule

$$Q=289\, d^2 \sqrt{\frac{h(1 \times 0,004t)}{b \times h}},$$

donne, en y faisant :

d, diamètre de l'œil des buses.	$=0,027$, d'où $2d^2=0,00146$
h, hauteur du manomètre aux buses. .	$=0,035$
b, pression atmosphérique.	$=0,75$
t, température de l'air aux buses.	$=360^0$

$$Q=0^m,8$$

d'où, par minute,

$$Q'=10^{m3},80.$$

Volume qui, sous la pression atmosphérique et à la température moyenne de 12°, deviendrait :

$$Q'=\frac{10,80 \times 0,785}{0,75\,(1+0,004 \times 348)}=4^{m3},83.$$

Les loupes obtenues avaient le même poids que dans le travail au charbon de bois et donnaient 70 kil. de fer en massiaux; mais, au lieu de sept quarts d'heure, il ne fallait qu'une heure et demie pour les produire, savoir : 55 minutes pour la fusion de la fonte, 25 minutes pour le soulèvement

Digitized by Google

et 10 minutes pour l'avalage. Par suite de cette accélération dans l'affinage, la fabrication mensuelle en massiaux a atteint 28.000 kil., tandis qu'on ne peut en obtenir que 24.000 kil. au plus dans un feu roulant à l'air chaud et consommant du charbon. Chaque loupe donnait 3 massiaux de 37 centimètres de longueur environ, sur 8 de côté en carré. Comme la température de l'intérieur du foyer n'était pas assez élevée, ainsi que nous l'avons dit, pour porter les massiaux au blanc soudant, on était obligé de les chauffer d'abord dans un four à chaleur perdue, puis dans un four à la houille, et on les passait alors aux cylindres cannelés pour les transformer, soit en languettes de tôlerie de 10 centimètres de largeur, sur 6 à 13 millimètres d'épaisseur, soit en barreaux de tirerie de 31 millimètres de côté en carré, transformation qui leur faisait éprouver un déchet de 9 à 10 p. 0/0.

La consommation moyenne, pendant toute la durée des essais, a été, par 1.000 kil. de massiaux, de

Fonte.	1.200k.
Bois flotté (90 rasses provenant de 300 pieds cubes).	10st.,28

ou par 1.000 kil. de languettes de tôlerie :

Fonte.	1.320k.
Bois flotté. . .	11st.,31

Dans le travail au charbon et à l'air froid, on consommait ordinairement, par 1.000 kil. de largets de tôlerie forgés au marteau :

Fonte.	1.350k.
Charbon (12 1/2 cuveaux de 0m3,55 l'un).	7m3,42

Mais comme ces largets, pour être convertis

par l'étirage aux cylindres, après un chauffage à chaleur perdue, en languettes de tôlerie de mêmes dimensions que celles qui résultent de l'étirage des massiaux, éprouvent un déchet de $2\frac{1}{2}$ p. 0/0, on doit évaluer la consommation qui se faisait dans le travail au charbon et à l'air froid, par 1.000 kil. de languettes de tôlerie, à

Fonte. . . $1.384^{k.}$
Charbon. . $7^{m3},61$

Dans le travail au charbon et à l'air chaud, on consomme seulement par 1.000 kil. de largets :

Fonte. . . $1.300^{k.}$
Charbon. . $6^{m3},60$

De sorte que la consommation par 1.000 kil. de languettes, en admettant toujours un déchet de $2\frac{1}{2}$ p. 0/0, s'élève à

Fonte. . . $1.333^{k.}$
Charbon. . $6^{m3},78$

Avec ces données comparables, il est facile de calculer l'économie du combustible et de la fonte résultant de l'affinage au bois vert. En effet, $7^{m3},61$ de charbon représentent $22^{st.},83$ de bois, et $6^{m3},78$ de charbon, $20^{st.},34$ de bois, en admettant un rendement de 33 p. 0/0 en volume par la carbonisation en meules, de sorte que l'emploi exclusif du bois vert, pour le travail en massiaux cinglés au marteau, a procuré une économie de $11^{st.},52$ sur $22^{st.},83$, ou de 50 p. 0/0 sur la consommation du roulement au charbon et à l'air froid, et une économie de $9^{st.},03$ sur $20^{st.},34$, ou de 44 p. 0/0 sur celle du roulement au charbon et à l'air chaud ; d'autre part, la quantité de fonte qu'exigent les 1.000 kil. de fer en languettes obtenus, a été de 1 p. 0/0 environ au-dessous de celle du roulement au charbon et à l'air chaud, et de

Digitized by Google

4 p. o/o au-dessous du roulement au charbon et à l'air froid.

Enfin, il reste à considérer l'économie pécuniaire, en comparant le nouveau procédé non-seulement avec le travail à l'air froid, mais encore avec le roulement plus avantageux à l'air chaud :

1° *Le prix de revient des 1.000 kil. de languettes peut être établi, comme il suit, dans le travail au bois seul, en supposant que les 1.000 kil. de fonte reviennent à 220 fr., et le stère de bois flotté à 6 fr.:*

A. par 1.000 kil. de massiaux,

			fr.
Fonte (1.200k. à 220fr.).			264,00
Bois vert 10st.,28.	Prix du bois à l'usine (10st.,28 à 6fr.).	fr. 61,68	68,88
	Transport aux scies circulaires (0fr.,17 par stère).	1,75	
	Sciage (0fr.,30 par stère).	3,08	
	Fendage (0fr.,13 par stère).	1,34	
	Entretien des scies et courroies, et frais divers (0fr.,10 par stère).	1,03	
Main-d'œuvre.			14,00
Cours d'eau, intérêt de fonds, régie, réparations, contributions et frais divers. . .			40,00
Total.			386,88

B. par 1.000 kil. de languettes,

	fr.
Massiaux (1.100k. à 386fr.,88 les 1.000k.). .	425,57
Houille (4 hectolitres à 2fr.,20).	8,80
Main-d'œuvre.	4,00
Cours d'eau, régie, réparations et frais divers.	12,00
Prix de revient de 1.000k. de languettes. .	450,37

2° *Par 1.000 kil. de languettes, dans le travail au charbon et à l'air froid :*

A. par 1.000 kil. de largets,

		fr.	fr.
Fonte (1.350k. à 220fr. les 1.000k.). . . .			297,00
Charbon 7m.,42 provenant de 22st.,26 de bois.	Prix du bois à l'usine (22st.,26 à 6fr.).	133,56	140,54
	Dressage en meules et carbonisation (0fr.,29 par stère).	6,46	
	Mise en halle (0fr.,07 par mètre cube de charbon).	0,52	
Main-d'œuvre.			21,00
Cours d'eau, intérêt de fonds, régie, réparations contributions et frais divers. . .			59,00
Total.			517,54

B. par 1.000 kil. de languettes,

	fr.
Largets (1.025k. à 517fr..54 les 1.000k.). . .	530,41
Main-d'œuvre.	2,50
Cours d'eau, régie, réparations et frais divers.	8,00
Prix de revient des 1.000k. de languettes .	540,91

3° *Par 1.000 kil. de languettes, dans le travail au charbon et à l'air chaud :*

A. par 1.000 kil. de largets,

		fr.	fr.
Fonte (1.300k. à 220fr. les 1.000k.).			286,00
Charbon 6m3,32 provenant de 18st.,96 de bois.	Prix du bois à l'usine (18st.,96 à 6fr. comme ci-dessus).	113,76	119,70
	Dressage en meules et carbonisation (0fr.,29 par stère comme ci-dessus).	5,50	
	Mise en halle (0fr.,07 par mètre cube de charbon, comme ci-dessus). . .	0,44	
A reporter.. . .			405,70

Digitized by Google

Report. . . .	405,70
Main-d'œuvre.	21,00
Cours d'eau, intérêt de fonds, régie, réparations, contributions et frais divers. . .	59,00
Total.	485,70

B. par 1.000 kil. de languettes,

	fr.
Largets (1.025$^{k.}$ à 485$^{fr.}$,70 les 1.000$^{k.}$). .	497,84
Main-d'œuvre.	2,50
Cours d'eau, régie, réparations et frais divers.	8,00
Prix de revient des 1.000$^{k.}$ de languettes. .	508,84

Il résulte de ces calculs que l'emploi exclusif du bois vert pour l'affinage a procuré une économie pécuniaire de 89 fr. 94 c., ou de 16 p. 0/0 sur le prix de revient du fer en languettes obtenu au charbon et à l'air froid, et une économie de 57 fr. 97 c., ou de 11 p. 0/0 sur le prix de revient du fer en languettes, fabriqué avec des largets provenant de l'affinage au charbon et à l'air chaud.

Le nouveau procédé, tout avantageux qu'il est, puisqu'il diminue de près de moitié la consommation du combustible végétal devenu fort rare, en même temps qu'il abaisse sensiblement le prix de revient du fer, n'a point été adopté à Audincourt, attendu que les fers obtenus avaient une contexture très-variable; les uns étaient nerveux, les autres avaient du grain, et souvent une même barre présentait du nerf et du grain. Il en résultait que la fabrication n'avait pas cette uniformité qui est si importante pour des produits de bonne qualité, et à laquelle on parvient facilement dans les feux d'affinerie alimentés avec du charbon de bois. Ces derniers en effet donnent à volonté des fers nerveux ou des fers à grains, selon l'usage au-

Digitized by Google

quel on les destine, les fers nerveux convenant parfaitement pour la fabrication des armes, des instruments de taillanderie, et des pièces de machines qui doivent être doués d'une grande résistance et de beaucoup de ténacité, tandis que les fers à grains sont préférables pour la fabrication de la tôle, par la raison que le laminage leur donne tout le nerf qu'exige la tôle pour être de bonne qualité, c'est-à-dire pour que, pincée à l'angle d'une feuille avec une tenaille, elle puisse être pliée et redressée plusieurs fois de suite, sans montrer de paille, de doublure ou de déchirure.

Les inconvénients qui ont fait renoncer à cet essai intéressant, sont graves sans contredit; cependant nous pensons que si on employait des bois triés qui fussent dans le même état de dessiccation naturelle, on serait maître de la conduite de l'affinage, et on parviendrait à obtenir des fers d'une contexture uniforme, comme dans l'ancienne méthode d'affinage. Il serait donc à désirer que de nouveaux essais fussent entrepris avec de tels combustibles, et qu'ils fussent poursuivis avec persévérance.

Récapitulation des avantages de l'emploi exclusif du bois vert.

En récapitulant ce que nous avons dit sur le nouveau mode de fabrication du fer, on voit :

1° Qu'il diminue de 50 p. 0/0 la consommation du combustible végétal, faite dans le travail au charbon et à l'air froid, et de 44 p. 0/0 celle qui a lieu dans le travail au charbon et à l'air chaud, le marteau étant employé pour convertir le fer en massiaux;

2° Que la quantité de fonte employée est moindre de 4 p. 0/0 que dans le roulement au charbon et à l'air froid, et qu'elle est de 1 p. 0/0 au-des-

Digitized by Google

sous de celle qui est consommée dans le travail au charbon et à l'air chaud ;

3° Que la production en fer est augmentée de 14 p. o/o ;

4° Que l'économie pécuniaire, calculée d'après les prix des matières premières en 1839, s'élève à 16 p. o/o du prix de revient des fers en languettes de tôlerie, obtenues avec des fers fabriqués au charbon et à l'air froid, et à 11 p. o/o du prix de revient des mêmes produits donnés par des fers fabriqués au charbon et à l'air chaud.

Ajoutons que l'emploi du bois vert augmente sensiblement la proportion des gaz combustibles qui s'échappent des feux d'affinerie, tellement que l'on peut évaluer, sans exagération, l'augmentation de la chaleur perdue qui en résulte, à un sixième de l'effet calorifique des gaz provenant des feux d'affinerie alimentés avec le charbon de bois, ce qui porterait l'équivalent de leur valeur calorifique à la quantité de houille représentant 9,70 chevaux-vapeur.

CHAPITRE IX.

AFFINAGE MIXTE EN DEUX OPÉRATIONS SUCCESSIVES, AVEC LA HOUILLE ET LE CHARBON DE BOIS.

Velars-sur-Ouche.

Nous terminerons notre revue des diverses modifications des procédés de fabrication du fer provenant de l'affinage des fontes avec le combustible végétal, par la description d'un procédé mixte d'affinage introduit, depuis le commencement de 1838, dans l'usine de Velars-sur-Ouche près Dijon, et pour lequel MM. de Meillonas frères, propriétaires de cette usine, ont obtenu un brevet d'invention.

Digitized by Google

Voici en quoi consiste ce procédé :

La fonte dont on fait usage est une fonte blanche provenant des hauts-fourneaux de la Côte-d'Or, alimentés avec les minerais de fer oxfordiens. On commence par la soumettre au puddlage dans un four à puddler ordinaire qui reçoit, par charge, 150 à 160 kil. de fonte et donne, tous les cinq quarts d'heure, des boules de fer puddlé qu'on agglomère sous un petit marteau pesant 110 kil., et qu'on passe ensuite aux cylindres cannelés, pour les convertir en bandes de 30 lignes ou 67 mill. de largeur, sur 15 lignes ou 34 mill. d'épaisseur. Ces bandes sont coupées à la cisaille en morceaux de 4 pouces ou 10 centimètres de longueur, auxquels on donne le nom d'*aplatis*. Telle est la première partie de l'opération qui n'est qu'une fabrication de fer puddlé, de laquelle résulte un déchet de 8 à 9 p. 0/0 sur la fonte.

Dans la seconde partie de l'opération, on affine les *aplatis* dans un foyer d'affinerie bourguignon chauffé au charbon de bois et disposé comme pour l'affinage ordinaire. Quand la gueuse a donné, par sa fusion, 70 à 72k. de fonte, ce qui exige une demi-heure environ, on fait tomber dans le foyer 90 k. d'*aplatis* qu'on avait préalablement placés sur la sole d'un petit four à chaleur perdue, situé à côté du feu d'affinerie, et où les morceaux de fer puddlé ont pris la température du rouge cerise. La matière ferreuse qui se trouve dans le foyer à l'état pâteux, enveloppe les aplatis, fait corps avec eux, et il en résulte une masse homogène, quand le forgeron l'a avalée avec son ringard pendant un quart d'heure. Ainsi, en trois quarts d'heure, on obtient une loupe qui pèse 95 à 100 kil., en consommant 4 rasses de charbon cubant ensemble $0^{m3},27$. Cette

loupe, à la sortie du feu d'affinerie, est passée aux cylindres cannelés, et convertie en barres de 30 lignes ou 67 millimètres de côté en carré, que l'on divise, au moyen d'une cisaille, en barreaux de 27 centimètres de longueur. On chauffe ces barreaux, pendant une heure, dans un four à réverbère qui en reçoit 250 kil. par charge; puis, on les passe aux cylindres, pour les convertir en verge de tirerie n° 25, de 8 millimètres de diamètre.

On consomme pour cet affinage mixte, par 1.000 kil. de barreaux de tirerie:

Fonte.	1.376k.
Houille d'Épinac et de Blanzy.	548k.
Charbon de bois 97 pieds cubes.	3m3,32

consommation qui se répartit comme il suit:

A. par 1.000 kil. d'aplatis,

Fonte. . .	1.090k.
Houille. . .	750k.

B. par 1.000 kil. de barreaux de tirerie,

Fonte.	580k.
Aplatis.	730k.
Charbon de bois.	3m3,32

En outre, pour convertir les barreaux de 67 mill. de côté en carré en verge cylindrée n° 25, on consomme 1.198 de barreaux par 1.000 kil. de verge, et 8 hectolitres de houille d'Epinac et de Blanzy. Par conséquent il faut, pour obtenir les 1.000 kil. de verge cylindrée n° 25:

Fonte.	1.648k.
Charbon de bois.	3m3,98

Tandis que, par l'ancien mode d'affinage bourguignon, on consommait, par 1.000 kil. de verge cylindrée n° 25:

Fonte.	1.449k.
Charbon de bois.	6m3,56

Digitized by Google

On voit donc que le nouveau procédé procure une économie de 39 p. 0/0 sur la consommation du combustible végétal, mais qu'il augmente de 12 p. 0/0 la consommation en fonte. Quant à l'économie pécuniaire, on trouve qu'elle est à peu près nulle, les prix de revient de la verge cylindrée n° 25, obtenue par les deux méthodes, ne différant que de 13 fr. 70, si on évalue ces prix de revient d'après les valeurs vénales des matières premières en 1839. En effet :

1° *Le prix de revient de la verge cylindrée n° 25, obtenue avec des fers fabriqués par le nouveau procédé, résulte des éléments qui suivent :*

A. par 1.000 kil. d'aplatis,

	fr.
Fonte (1.090k., à 190fr. les 1000k.).	207,10
Houille (750k.=10k., à 1fr.50 l'un).	15,00
Main-d'œuvre.	9,50
Cours d'eau, intérêt de fonds de roulement, régie, réparations et frais divers.	16,00
Total.	247,60

B. par 1.000 kil. de barreaux de tirerie de 67 millimètres de côté en carré,

	fr.
Fonte (580k., à 190fr. les 1.000k.)	110,20
Aplatis (730k., à 247fr.,60 les 1.000k.). . . .	180,75
Charbon de bois (97 pieds cubes, à 0fr.,70 l'un).	67,90
Main-d'œuvre.	10,00
Cours d'eau, intérêt de fonds de roulement, régie, réparations et frais divers.	30,00
Total.	398,85

C. par 1.000 kil. de verge cylindrée n° 25,

	fr.
Barreaux de tirerie (1.198k., à 398fr.85 les 1.000k.)	477,83
Houille (8 hectolitres, à 1fr.,50)	12,00
Main-d'œuvre	5,60
Cours d'eau, régie, réparations et frais divers	10,00
Prix de revient de la verge n° 25	505,43

2° *Le prix de revient de la même verge cylindrée* n° 25, *obtenue avec des fers fabriqués par l'ancien procédé, s'établirait comme il suit :*

A. par 1.000 kil. de fer en barreaux de tirerie de 45 millimètres en carré,

	fr.
Fonte (1.400k., à 190 les 1.000k.)	266,00
Charbon (190 pieds cubes, à 0,70 l'un)	133,00
Main-d'œuvre	16,00
Cours d'eau, intérêt de fonds de roulement, régie, réparations, contributions et frais divers	44,00
Total	459,00

B. par 1.000 kil. de verge cylindrée n° 25,

	fr.
Barreaux de 45 millimètres de côté en carré (1.070k., à 459fr. les 1.000k.)	491,13
Houille (6 hectolitres, à 1fr.,50)	9,00
Main-d'œuvre	4,00
Cours d'eau, régie, réparations et frais divers	15,00
Prix de revient de la verge n° 25	519,13

Ainsi, d'après ces calculs, le prix de revient de la verge de tirerie obtenue avec des fers fabriqués par le procédé mixte de MM. de Meillonas, ne serait inférieur que de 13 fr. 70 au prix de revient de la même verge obtenue avec des fers fabriqués par l'ancienne méthode, avantage trop faible pour que le nouveau procédé, qui ne serait exé-

cutable que dans les localités où le combustible végétal est à un prix élevé, et la houille à bon marché, comme à Velars-sur-Ouche, puisse se propager. Il faut remarquer d'ailleurs que ce procédé doit nécessairement, à cause du puddlage, donner des fers d'une qualité inférieure à ceux qui seraient obtenus avec les mêmes fontes affinées au charbon de bois.

TROISIÈME PARTIE.

Améliorations qui paraissent pouvoir être introduites dans les procédés de fabrication aujourd'hui en usage.

Nous avons parcouru, dans toutes ses phases, la fabrication du fer obtenu par l'affinage des fontes avec le combustible végétal : d'abord, nous l'avons décrite non perfectionnée, puis nous l'avons suivie dans ses améliorations successives, et enfin nous avons fait connaître son plus grand progrès, l'emploi exclusif du bois en nature. Indiquons maintenant, parmi les différents procédés que nous avons cités, ceux qui nous paraissent susceptibles de devenir pratiques, et dont l'adoption se recommande à la fois par une exécution simple et par des avantages économiques.

Nous mentionnerons d'abord les feux d'affinerie couverts, dans lesquels on utilise une partie de la chaleur qui se dégage, en pure perte, des anciens feux découverts. Rien n'est plus simple, en effet, que de couvrir un feu d'affinerie d'une voûte ou d'un rampant destinés à conduire les gaz combustibles dans un four à chaleur perdue; et nous Feux couverts.

Digitized by Google

avons établi qu'il résultait de cette disposition une économie de 20 p. 0/0 au moins sur la quantité de combustible consommée dans les feux découverts.

Soufflage à l'air chaud.

Ensuite, nous indiquerons le soufflage à l'air chaud, mais en recommandant de ne pas dépasser la température de 120° dans les feux comtois, celle de 150° dans les feux champenois, et 180° dans les feux bourguignons, lorsqu'on affinera dans ces différents feux des fontes produites à l'air froid avec le charbon de bois, ou à l'air chaud avec un mélange de charbon et de bois vert ou desséché; auxquels cas, on obtiendra d'aussi bons fers que par le soufflage à l'air froid, on diminuera de 12 p. 0/0 au moins la consommation du combustible faite dans les feux couverts, on réduira de 5 p. 0/0 celle en fonte, et on augmentera de 8 p. 0/0 la production journalière de chaque feu d'affinerie. L'économie du combustible serait un peu moindre, si on affinait des fontes produites à l'air chaud avec le charbon de bois seul; mais il y a tout lieu de croire que ce mode de roulement ne sera pas adopté pour les hauts-fourneaux travaillant en gueuses, et qu'on préférera, en les soufflant à l'air chaud, y porter du bois en nature, tant pour augmenter l'économie du combustible, que pour produire des fontes qui s'affinent aussi facilement que celles qu'on obtient à l'air froid.

Remarquons toutefois que l'on pourrait, sans inconvénient, porter la température de l'air lancé dans les feux d'affinerie au delà des limites précitées, en employant le bois concurremment avec le charbon, de la manière que nous allons indiquer, et cette addition augmenterait encore l'économie du combustible.

Digitized by Google

L'emploi du bois vert, concurremment avec le charbon, ne changera rien non plus aux procédés actuels de fabrication, la proportion de bois devant être telle que les pièces de fer à forger puissent toujours être chauffées dans l'intérieur du feu d'affinerie. Emploi du bois vert ou desséché avec le charbon.

Les essais entrepris à Audincourt et ceux que nous avons faits nous-même à Essarois nous portent à regarder comme certain qu'on peut employer en volume 4/7 de charbon et 3/7 de bois vert, sans que la température intérieure du foyer cesse de pouvoir porter au blanc soudant les pièces de fer à forger; mais il est nécessaire, pour cela, que l'air soit chauffé à 220° environ. Quand la loupe sera sortie du foyer, on le remplira entièrement de charbon; puis on emploiera le charbon et le bois mélangés, pour les feux d'affinerie comtois et champenois, dans la proportion de 3 de charbon sur 1 de bois, et pour les feux d'affinerie bourguignons, à parties égales; et on portera le bois seul dans tous ces feux, quand on n'aura plus de pièces de fer à chauffer.

Si on fait usage de bois desséché, on pourra, comme on l'a fait aux usines du Magny, de Villersexel et de Bonnal, en porter dans les feux d'affinerie un volume égal à celui du charbon, sans changer en rien l'ancien mode de fabrication, et il suffira de donner au vent une température de 200°. Nous avons dit qu'on diminuerait ainsi de 15 p. 0/0 la consommation du combustible. Quant à l'économie en argent, elle sera d'autant plus grande que le bois sera transporté d'une distance moindre; et si on le prend dans un rayon de 4 à 5 kilomètres, on obtiendra une économie de 5 p. 0/0 au moins sur le prix de re-

Digitized by Google

vient du fer fabriqué au charbon de la manière la plus économique, c'est-à-dire avec le secours de l'air chaud.

Emploi exclusif du bois desséché.

Enfin, l'amélioration qui nous paraît la plus avantageuse est l'emploi exclusif du bois desséché pour l'affinage; mais cette modification importante ne peut être adoptée que dans les localités privilégiées qui se trouvent soit sur un cours d'eau flottable, soit au centre de grandes masses de forêts; car si on devait amener le bois en nature de points éloignés, les frais de transport absorberaient et pourraient même excéder l'économie de 44 p. o/o que procure le procédé sur la consommation ordinaire du combustible végétal. Il faut aussi, pour en obtenir le plus d'avantage possible, établir des cylindres destinés à l'étirage des massiaux provenant du cinglage de la loupe au marteau; mais toutes les usines ne sont pas pourvues de cylindres, ou n'ont pas de cours d'eau qui en comportent l'établissement. Alors, à défaut de cylindres, on pourra étirer les massiaux au marteau, comme on le fait dans le travail champenois à la houille; et, dans certaines usines bien placées, l'excédant de consommation de houille, nécessaire pour le forgeage au marteau, sera compensé par la proximité des forêts d'où proviendra le bois en nature.

Les massiaux obtenus par le cinglage de la loupe au marteau devront être chauffés d'abord à la chaleur perdue du feu d'affinerie, puis à la houille, et on les passera ensuite aux cylindres, pour les convertir en fer marchand ou en fer propre à une transformation ultérieure. Nous avons dit qu'il fallait à Audincourt, pour le chauffage définitif des massiaux, déjà chauffés à la cha-

leur perdue, 4 hectolitres de houille de première qualité par 1.000 kilogrammes de fer marchand, et que les frais de main-d'œuvre et autres pouvaient être évalués à 14 francs par 1.000 kil. de fer.

Si le cours d'eau ne comportait pas l'établissement de cylindres étireurs, on chaufferait les massiaux, à la sortie du four à chaleur perdue, dans un foyer semblable aux chaufferies champenoises, où la conversion des massiaux en fer marchand exige 8 hectolitres de bonne houille par 1.000 kil. de fer, et 9 francs de frais de main-d'œuvre. En chauffant d'abord les massiaux à chaleur perdue, il est probable que la consommation de la houille pourrait être réduite à 5 hectolitres.

Au lieu de transformer la loupe en massiaux par le cinglage au marteau, ce qui nous paraît indispensable pour la fabrication des fers fins, on pourrait, dans les usines qui ne produisent que des fers de seconde qualité, passer aux cylindres ébaucheurs la loupe sortant des feux d'affinerie, comme le fait aujourd'hui M. Gauthier pour la majeure partie des fers qu'il emploie à la fabrication du fil de fer : par ce moyen, on ne consommerait pas de houille, et on n'aurait à faire qu'une dépense de 10 à 12 fr. par kilogr. de fer obtenu, pour l'excédant des frais de main-d'œuvre et autres.

L'air qu'on introduira dans les feux d'affinerie alimentés exclusivement avec du bois desséché devra être porté à la température de 260 à 270°, ce qui exigera un peu plus de force dans le moteur de la machine soufflante; mais cette addition de force, qui ne dépassera pas le sixième de la force employée pour le soufflage à l'air froid,

Digitized by Google

pourra s'obtenir facilement dans la plupart des usines, par des dispositions mieux entendues pour la roue hydraulique et la transmission du mouvement.

Nous avons dit que la substitution du bois en nature au charbon dans les usines de Magny, de Villersexel et de Bonnal, avait diminué la consommation du combustible de 40 p. 0/0 dans les circonstances les plus défavorables, et que l'économie en argent s'élevait à 9 p. 0/0 du prix de revient du fer de tirerie, quand les massiaux étaient cinglés aux cylindres ébaucheurs. Nous avons supposé, dans les calculs qui nous ont conduit à ce résultat, que le bois était transporté d'une distance moyenne égale à 10 kilom., et qu'il revenait sur pied à 5 fr. le stère. L'économie pécuniaire serait plus grande si le bois était amené d'une distance moindre, et s'il coûtait plus de 5 fr. par stère. Au surplus, quand même la substitution du bois au charbon ne devrait offrir aucun avantage pécuniaire, il serait encore utile d'adopter un procédé qui procure une si grande économie dans la consommation du combustible, car les approvisionnements sont devenus tellement difficiles dans quelques localités où les usines sont en grand nombre, que plusieurs d'entre elles chôment ou ne roulent que pendant une partie de l'année, ce qui n'aurait plus lieu si les besoins des usines étaient réduits de moitié.

Résumé. En résumé, les améliorations qui nous paraissent devoir être introduites dans les procédés de fabrication actuels sont les suivantes :

1° L'emploi des feux d'affinerie couverts, en remplacement des anciens feux découverts;

2° Le soufflage à l'air chaud;

Digitized by Google

3° L'emploi du bois vert ou desséché concurremment avec le charbon, dans les proportions d'environ 3 parties de bois vert en volume pour 4 de charbon, ou de parties égales de bois desséché et de charbon, proportions qui permettront de continuer à chauffer au blanc soudant, dans l'intérieur du feu d'affinerie, les pièces de fer à forger, et qui en conséquence n'exigeront aucun changement dans l'ancien mode de fabrication;

4° Enfin, l'emploi exclusif du bois desséché, le fer étant fabriqué, soit en cinglant la loupe au marteau, ce qui sera nécessaire pour les fers de première qualité, et en forgeant ensuite les massiaux au marteau, ou bien en les passant aux cylindres étireurs après les avoir chauffés, d'abord à la chaleur perdue des feux d'affinerie, puis à la houille; soit, pour les fers de deuxième qualité, en cinglant la loupe aux cylindres ébaucheurs à la sortie des feux d'affinerie, et en passant aux cylindres étireurs les lopins ainsi obtenus, après les avoir chauffés d'abord à chaleur perdue et ensuite à la houille.

Nous donnons la préférence au bois desséché sur le bois vert, parce que les essais entrepris à Audincourt paraissent avoir démontré qu'il est difficile d'obtenir avec le bois vert des fers d'une qualité constante. D'ailleurs, l'emploi du bois vert ne procure pas une économie de combustible plus grande que le bois desséché, et la préparation de ce dernier ne coûte, par stère, que 50 cent. de plus que celle du bois vert. Enfin l'appareil de dessiccation, inventé par M. Gauthier, est d'un établissement peu dispendieux et d'un faible entretien (1).

---

(1) Il est possible aussi que le bois desséché soit préfé-

Digitized by Google

Quant au bois torréfié par la méthode ardennaise, ce combustible a contre lui d'exiger des appareils coûteux à établir et surtout à entretenir, tellement que l'on peut porter à 1 fr. 50 c. au moins par stère de bois vert les frais de torréfaction, tous accessoires compris. Le procédé ardennais a, en outre, l'inconvénient bien grave de donner un combustible d'un pouvoir calorifique variable, à cause de l'état de torréfaction plus ou moins avancé où se trouve le bois, selon la position qu'il occupe dans les caisses qui le renferment. D'ailleurs,

---

rable au bois vert pour les hauts-fourneaux qui sont dans une position à être alimentés uniquement avec l'un ou l'autre de ces deux combustibles, et cela parce que le bois desséché a, dans toutes les parties d'une même essence, un pouvoir calorifique constant, tandis qu'il est difficile que le bois vert, lors même qu'il a été placé sous des hangars, soit également sec en tous points, et on peut craindre que la dose variable d'humidité qu'il renferme n'occasionne, dans la marche du fourneau, des dérangements qui donnent aux fontes produites la qualité variable qui, à Audincourt, a fait renoncer à l'emploi du bois vert. Cet inconvénient n'existe plus, quand on porte, avec le bois vert, du charbon ou du coke dont le pouvoir calorifique plus élevé s'oppose à ce que la température s'abaisse au-dessous du degré convenable pour une bonne allure. Le coke surtout est d'un emploi très-avantageux, en ce qu'il brûle principalement dans la partie inférieure de l'ouvrage, quand le charbon provenant du bois est presque entièrement consumé, par suite de sa faible densité due à la prompte carbonisation du bois; malheureusement, le coke nuit à la qualité des fontes, à cause du soufre qu'il contient toujours, et on ne saurait en faire usage pour la fabrication des fontes fines. Dans les usines de Magny, de la Romaine et d'Estravaux, que fait valoir M. Gauthier, les hauts-fourneaux ont roulé à plusieurs reprises en consommant, par 1.000 kilogrammes de fonte de deuxième qualité, 10 mètres cubes de bois desséché qui pesaient 2.700 kilogrammes environ, avec 350 kilogrammes de coke.

Digitized by Google

d'après ce que nous savons des essais faits avec ce combustible, l'économie dans la consommation, produite par son emploi, a été loin d'atteindre le chiffre de 50 p. 100 que donnent les roulements au bois desséché, comparés à ceux des feux d'affinerie soufflés à l'air froid.

La substitution totale ou partielle du bois au charbon dans les feux d'affinerie, abaissera notablement les prix de revient de leurs produits et maintiendra, sur nos marchés, les fers obtenus avec le combustible végétal, en présence des fers à la houille, dont la qualité inférieure est compensée par le bas prix auquel on peut les vendre. Autrement, les fers au bois ne pourront soutenir la concurrence des fers à la houille, et, quoique précieux dans une foule de circonstances, leur emploi se restreindra bientôt aux usages en petit nombre pour lesquels ils sont indispensables. Il est donc de toute nécessité, pour l'avenir de cette importante fabrication, que le bois en nature soit consommé dans les feux d'affinerie; et si en même temps, on substitue totalement ce combustible au charbon dans les hauts-fourneaux, ce qui diminuera de plus d'un tiers leur consommation actuelle, ou si du moins on en porte une forte proportion avec le charbon, l'industrie des fers au bois n'aura nullement à redouter celle des fers à la houille. Par l'adoption générale du bois en nature dans les hauts-fourneaux et dans les feux de forges aujourd'hui existants, la consommation du combustible végétal y deviendra moindre, et ses prix, qui sont beaucoup trop élevés, baisseront nécessairement. Alors, de nouvelles usines pourront être établies pour utiliser les produits forestiers devenus disponibles, et il en résultera un accrois-

Digitized by Google

sement dans la production sidérurgique, qui contribuera aussi d'une manière bien efficace à la baisse des bois; car les fontes et les fers étant plus abondants seront moins chers, et ce sont leurs prix qui règlent ceux des bois. Un autre avantage d'une grande portée en sera la conséquence : les barrières qui isolent aujourd'hui nos produits sidérurgiques de la concurrence étrangère pourront être levées, à la grande satisfaction du pays et sans inconvénient pour une industrie qui est tellement importante et si intimement liée aux intérêts généraux, qu'on ne doit modifier les tarifs actuels des douanes qu'avec la certitude qu'il ne pourra en résulter aucune perturbation capable de porter atteinte à sa prospérité.

Digitized by Google

NOTE

Sur l'origine des fers limoneux et des sables aurifères de l'Ariége et de la Haute-Garonne;

Par M. FRANÇOIS, Ingénieur des mines.

Dans les montagnes de l'Ariége et de la Haute-Garonne les pyrites de fer sont très-abondantes (1). Elles y sont légèrement aurifères. On les rencontre principalement à la limite du granite, des ophites, et en général des roches ignées, soit dans la pâte de ces roches, soit dans celle des terrains qui les environnent. Elles sont également associées aux terrains qui encaissent les nids, veinules, amas et couches de lignites de la formation crétacée supérieure, qui forme la basse montagne de l'Ariége et de la Haute-Garonne.

Position géologique des roches pyritifères.

(A) Les terrains stratifiés que l'on observe le plus souvent à la limite du granite sont ceux qui appartiennent à la formation de transition, qui constitue une grande partie des montagnes de la haute chaîne des Pyrénées. Tantôt ils se composent de calcaires modifiés, subcristallins, à texture serrée, toujours pyriteux. Tantôt, et c'est le cas le

(1) On remarque la présence de pyrites de cuivre aurifères, assez rares d'ailleurs. On cite principalement les schistes des Escanérades (près d'Aulus), de Gudaune (aux Mille-Roches), d'Alzen, d'Esplas et de Mijanès.

Digitized by Google

plus fréquent, ils présentent une succession de roches schisteuses, parmi lesquelles on distingue, en s'éloignant du granite, de nombreuses variétés de micaschistes, de schistes siliceux et micacés plus ou moins maclifères; enfin des schistes phylladiens compactes et les schistes noirs éclatants, qui, presque toujours, annoncent la limite du terrain modifié par le granite. Ces terrains, toujours chargés de pyrites, forment autour des massifs granitiques une zone dont la largeur varie en raison de la puissance de ces massifs, et atteint jusqu'à 12.000 mètres de développement (1).

Cette zone peut facilement s'observer et se suivre à la limite des massifs primordiaux qui s'échelonnent des montagnes d'Ax et d'Orlu (Ariége) à celles de Clarabides (Hautes-Pyrénées), en recoupant les hautes vallées de Gudannes, de Liguer, d'Auzat, d'Aulus, d'Ustou, d'Arran, de la Picque, d'Oo et de Louron. On la remarque également contre les massifs granitiques qui courent des montagnes de Tabes à Bordes-de-Castillou par celles de Massat, Esplas, Rivernert et Alos (Ariége); puis de Saint-Béat (Haute-Garonne) à Mauléon en Barousse.

Les pyrites s'y rencontrent soit en cristaux, soit amorphes. Les formes cristallines ne se présentent définies qu'à la limite des roches primitives, ou dans les terrains adjacents. Les cristaux se séparent assez facilement des roches ignées; mais à mesure que l'on s'avance dans les terrains stratifiés, la cristallisation devient confuse, les

(1) Ces faits géologiques se reproduisent sur le versant espagnol.

Digitized by Google

parties pyriteuses se disséminent à l'état amorphe dans la pâte des roches, et s'y associent entièrement. Cette association est souvent tellement intime que l'on ne peut constater la présence des pyrites que par l'augmentation de la densité des roches et par l'odeur sulfureuse qui s'en échappe à la cassure et au choc.

Les terrains dans lesquels les pyrites se présentent en plus grande quantité, sont : 1° les micaschistes et schistes voisins du granite ; 2° les schistes noirs carbonifères, connus sous le nom de schistes éclatants. Ces derniers se rencontrent principalement aux montagnes de Gouaux, d'Artigues et de Melles (Haute-Garonne) ; de Bauzeu, de Canijeau et de Crabius (vallée d'Arran); de Saint-Lary, de Rivernert d'Esplas, du Bosc, de Larnat, de Bouan, de Lorjert et d'Ascou (Ariége).

(B) Les îlots de pegmatites, de porphyres et d'eurite, qui forment un vaste réseau longeant les limites des massifs granitiques, et que l'on remarque surtout aux montagnes de Siguer et d'Auzat (Ariége); de Luchon, de Crabioul, de Maupas et d'Oo (Haute-Garonne) présentent, ainsi que les terrains ambiants, une grande quantité de pyrites. Nous citerons principalement les îlots d'eurite de Gurau et de Lége (près Luchon).

On remarque également les pyrites dans la pâte et au voisinage des ophites, des amphybolites, du gypse et de gisements ferrifères qui les accompagnent. Nous indiquerons ici les massifs de lerzolites des montagnes de Suc et d'Erce; les gypses d'Arnave, d'Arignac et de Boussenac; les minerais de fer de Rabat, de la soulane d'Andorre et les affleurements de Bouthadiol. Les pyrites se montrent

Digitized by Google

dans ces roches ignées, en cubes striés à la surface et en dodécaèdres pentagonaux; tandis que dans les terrains adjacents, elles sont disséminées à l'état amorphe.

(C) Enfin les terrains crétacés supérieurs offrent de nombreux gisements de lignite, que l'on y observe en nids, en veinules, en amas et en couches dans des marnes noires efflorescentes, très-pyritifères. Les gîtes principaux sont ceux de Saint-Michel (Haute-Garonne); de Lescure, du Mas, de Rimont, de Suzau, de Boulou et de Laroque (Ariége). Au Mas, les marnes pyritifères alumineuses sont exploitées pour la fabrication de l'alun.

Produits résultant de la décomposition des roches pyritifères.

Les pyrites ne sont et ne sauraient être, par elles-mêmes, l'objet d'aucune exploitation avantageuse dans les Pyrénées; mais, par suite de leur décomposition, elles donnent naissance à des produits utiles.

On sait que, sous l'influence simultanée des forces électro-chimiques, des eaux d'infiltration et de toutes les circonstances météorologiques, qui activent la décomposition et la désagrégation des roches, les éléments des pyrites donnent naissance à un sulfate neutre de fer (vitriol). Si les eaux d'infiltration sont insuffisantes pour dissoudre et entraîner à l'extérieur ce sel au fur et à mesure de sa formation, il s'entasse dans les fissures et dans les cavités des roches qu'il rend vitrioliques. Ce phénomène se remarque surtout aux montagnes de Perles et de Waitchis (Ariége). Mais, dans le cas d'abondance des infiltrations, le sulfate, dissous par les eaux et entraîné à l'extérieur, se décompose au contact de l'air. Il donne un sel acide so-

Digitized by Google

luble (1), et un sous-sel basique qui, lui-même, s'altère rapidement et donne des eaux et par suite des dépôts ferrugineux.

Les schistes éclatants des montagnes de Gouaux, d'Artigues et de Melles (Haute-Garonne); de Bauzeu (vallée d'Arrau); de Larnat, de Bouau, de Perles, de Waitchis et d'Ascou (Ariége) présentent ces phénomènes dans tout leur développement. Ils sont assez pyriteux pour être exploités comme schistes vitrioliques; et souvent ils se rencontrent à la fois assez alumineux pour donner lieu à la fabrication d'aluns. Dans ce dernier cas, on remarque souvent la formation spontanée d'un sel double de fer et d'alumine.

Les phénomènes de décomposition sont également très-développés dans les marnes alumineuses et pyritifères des terrains crétacés au voisinage des gisements de lignite. Au Maz-d'Asil, on y active la décomposition par le grillage à l'air et en meule, pour la fabrication de l'alun.

En dehors de ces divers produits, l'or contenu dans les pyrites, inattaquable par les agents qui président à toutes ces réactions, et par ceux qui en résultent, reste perdu en grande partie dans les roches altérées, à l'état de paillettes recouvertes d'une pellicule d'un brun noir (2).

En nous bornant ici aux produits principaux, résultant de la décomposition spontanée des roches

(1) Ce sel rend les eaux acidules. On les administre pour certains cas de maladies. On cite les eaux d'Artigues-sur-Luchoux.

(2) Cette couleur brune résulte du mode d'agrégation

pyritifères, on a : 1° les dépôts de fer limoneux ; 2° les paillettes d'or dans les sables aurifères.

Fers limoneux.

Fers limoneux.—Les dépôts ferrugineux, provenant de la décomposition des roches pyritifères, affectent différents modes de gisement, suivant l'abondance des infiltrations, suivant la nature et le relief extérieur des terrains, suivant aussi la teneur des parties argileuses et manganésifères entraînées par les eaux.

Tantôt ils remplissent les fentes et les cavités des roches au voisinage de la surface, et offrent des amas, veinules et pseudo-filons remplis par le haut. C'est ainsi qu'ils se montrent aux montagnes de Bouau et d'Ascou.

Tantôt ils ne forment que de légères croûtes ferrifères dans les fissures et à la surface des roches. Ce cas se présente fréquemment; il résulte à la fois d'une grande abondance d'eau, d'une décomposition lente, d'une faible teneur en pyrite.

L'hydroxyde de fer de formation récente est mou, spongieux. Mais peu à peu il durcit et prend un état compacte. Le voisinage de roches calcaires ou de calcschistes accélère la prise, par l'association d'un suc de chaux carbonatée qui se concrétionne et fait ciment dans la pâte ferrifère. D'autres fois, les effets de la décomposition s'exerçant sur des schistes argileux tendres, les eaux se chargent d'une assez notable quantité de parties argileuses qui s'opposent à l'agrégation et à la compacité de l'hydroxyde de fer, et donnent lieu à des dépôts d'o-

---

des molécules à la surface; elle se rapproche de celle de l'or précipité en poudre fine.

Digitized by Google

cres. Dans le cas assez fréquent de voisinage de roches manganésifères, les réactions fournissent un oxyde de manganèse terreux, argentin, qui s'oppose également à l'agrégation facile de l'hydroxyde de fer, si les eaux ne sont chargées de suc calcaire. On a alors des dépôts d'ocres plus ou moins manganésiens, tels que l'on en rencontre à Costo-Secco (près Sensat), aux montagnes de Miglon, et à la Serre de Waitchis (près Ax). Dans cette dernière localité on remarque un dépôt d'ocre pure, plus ou moins chargée de manganèse argentin.

L'analyse des deux variétés a donné :

Perte au feu.	40,40	35,20
Oxyde de fer.	20,00	20,00
Oxyde rouge de manganèse. .	17,00	18,20
Chaux.	2,20	3,60
Argile.	19,20	21,20
	98,80	98,20

Ces résultats nous ont porté à indiquer le dépôt de Waitchis comme fondant pour le traitement du fer oxydulé compacte de Puymorins. Les expériences que nous avons faites à cet égard aux forges d'Oryrix et du Castelet permettent d'en attendre plein succès. Ces ocres manganésifères nous ont également servi avec avantage au corroyage et ressuage des aciers en remplacement des sables qu'à cet usage on emploie dans les fabriques d'acier.

Les dépôts de fer limoneux les plus remarquables, indiqués par Charpentier, sont ceux des montagnes de Gouaux et d'Artigues-sur-Luchon. Ils forment à la surface du sol des mamelons au sommet desquels les eaux ferrugineuses

Digitized by Google

ont leur point d'émergence. Ces eaux, provenant de la décomposition de puissants massifs de schistes éclatants, lubrifient d'une manière incessante la surface des mamelons, et y déposent des couches concentriques d'hydroxyde de fer. A la superficie, cet hydroxyde se présente en croûtes concrétionnées, tendres, à texture spongieuse; par la pression il laisse sortir des eaux acidules; mais dans la profondeur il prend une compacité progressive.

En se déposant, les croûtes ferrifères empâtent les plantes et les mousses qui croissent à la surface des mamelons. Ces végétaux passent insensiblement à l'état de fer hydraté, sans que d'abord leur fibre ligneuse paraisse altérée, quant à la forme. Le grillage donne une forte odeur bitumineuse, et une couleur noire qui disparaît, si l'action du feu est prolongée au contact de l'air. Le fer limoneux donne alors un résidu d'un rouge hépatique. Ces phénomènes tiennent à la présence des parties charbonneuses des végétaux empâtés. Dans les couches intérieures, les traces de débris organiques disparaissent, mais en même temps la pâte ferrifère présente des boursouflures dues sans doute au dégagement des gaz qui proviennent de la décomposition et de la destruction de ces débris organiques. En effet, ces boursouflures, qui lui donnent une structure scoriacée, ne se remarquent plus sur l'hydroxyde compacte (hématite brune, concrétionnée et stalactiforme), qui résulte de l'action ultérieure des infiltrations sur le fer limoneux.

Le dépôt le plus abondant est dans la forêt de Gouaux, au lieu dit las Bardaous (les marécages). Il forme un monticule aplati de 7 à 8 mètres de

Digitized by Google

hauteur moyenne. Le fer limoneux y est compacte. A la base il empâte des fragments du schiste sur lequel il repose; ce qui lui donne une structure bréchiforme. On y remarque des traces d'exploitation ancienne. On sait en effet que vers la fin du XVIIIe siècle, on le traita à la forge de Fos, depuis détruite par les Espagnols.

L'abondance de ce mamelon nous a porté à rechercher la composition du fer limoneux.

L'analyse de deux variétés a donné :

Perte au feu.	23,20 (1)	41,00 (2)
Oxyde de fer.	68,80	51,00
Oxyde rouge de manganèse.	1,60	0,60
Chaux.	2,00	0,80
Alumine.	1,80	1,00
Silice.	2,20	5,60
Total. . . .	99,60	100,00
Richesse en fer p. 0/0.	47,67	35,00

L'analyse (1) se rapporte à une variété compacte prise à l'intérieur vers la base. On n'a reconnu aucune trace de soufre, de phosphore, ni de cuivre.

L'analyse (2) fut faite sur une croûte d'hydroxyde de la surface, de formation récente. Le lavage a donné des traces de sulfate de fer et de cuivre. On n'a d'ailleurs reconnu dans sa pâte ferrifère ni soufre, ni phosphore, ni cuivre (*).

(*) Le phosphore des débris organiques et le cuivre provenant des pyrites sont entraînés par les eaux acidules, l'un à l'état de phosphate, l'autre à l'état de sulfate. Les traces de cuivre sont insensibles et inappréciables.

Digitized by Google

D'après ces analyses, nous sommes porté à conseiller l'emploi du fer de Gouaux associé à d'autres minerais. Toutefois il faudrait recourir successivement au lavage, puis au grillage préalable à la flamme perdue des feux de forge, suivi de l'exposition à l'air. On aurait soin de séparer par le triage les parties qui empâtent des fragments de schistes.

Le gisement de Gouaux n'est pas le seul qui ait été autrefois exploité. Nous avons indiqué plus haut que l'action ultérieure des eaux d'infiltration sur les dépôts de fer limoneux tend à rendre leur pâte plus homogène, leur texture plus serrée, et les amène insensiblement à l'état de fer hydroxydé compacte, et d'hématite brune, concrétionnée et stalactiforme. C'est à cet état que furent anciennement exploitées pour les forges à bras, les mines d'Ascou, de Larnat, d'Uston, ainsi que quelques gîtes des montagnes supérieures de Miglon (Ariége); et plus tard pour les forges biscaïennes, les mines d'Alzen (Ariége); celles de la Herder près Canijean (vallée d'Arrau), de Comno-d'Arbre (monts Crabères), des Argutes et de Melles (Haute-Garonne).

Nous avons visité ces gisements, ainsi que ceux plus récemment mis à découvert des montagnes de Frechynet, d'Alzen, de Cadarat, de Larnat, d'Erce et d'Ascou (Ariége); des Argutes (Haute-Garonne); mais, excepté ceux d'Alzen, des Argutes et de Freychet (près Erce), ils nous semblent offrir aujourd'hui peu de ressources.

Le plus important est celui de Freychet, situé à 8 kilomètres au sud-est du village d'Erce. Des travaux assez irréguliers ouverts à différentes épo-

Digitized by Google

ques depuis trente-cinq ans, ont mis à découvert sur 25 mètres de développement un filon de $1^{m},20$ de puissance moyenne compris entre des schistes ferrifères. Le minerai est un hydroxyde très-compacte, renfermant moyennement 56 p. o/o de fer métallique. Nous avons fait récemment aux forges d'Aulus et de Lacous des essais suivis sur l'emploi de ce minerai, associé par parties égales à celui de Rancie, après grillage et exposition à l'air. Les résultats obtenus, quant au rendement et à la qualité supérieure du fer, permettent de compter sur une exploitation fructueuse, si la puissance du gîte se soutient dans la profondeur.

Nous avons indiqué plus haut que de la décomposition des éléments des pyrites résulte la mise à nu de paillettes d'or. En effet, le fer limoneux renferme des parties aurifères. Nous n'avons pu le constater par le lavage direct, sans doute à cause de la difficulté de cette opération en présence d'une grande quantité de fer oxydé. Mais des scories, provenant du traitement de fer limoneux dans des forges à bras, aux montagnes de Rivernert, d'Alzeu et d'Ascou, ayant été traitées par la voie sèche par addition de plomb d'un titre connu, nous avons pu y constater par la coupellation la présence de traces appréciables d'or. Sables aurifères.

Il est vrai que les paillettes restent, en grande partie, perdues dans les roches altérées jusqu'à ce que les agents de destruction en achèvent la désagrégation et portent les détritus au fond des vallées. Nous avons, en effet, vérifié ce que les orpailleurs avaient depuis longtemps reconnu, qu'il est avantageux, pour la cueillette de l'or, de laver les sables

Digitized by Google

immédiatement à l'aval des blocs roulés de micaschistes et schistes ferrugineux en décomposition.

Cela posé, il est à remarquer que les affluents de l'Ariége (autrefois Oriége), de l'Arize, du Salat et de la Garonne, qui reçoivent les débris des terrains pyritifères, ainsi que les eaux qui les traversent et qui les lavent, sont aussi ceux dont les alluvions anciennes renferment des paillettes d'or, et dont les eaux charrient des sables aurifères.

Ainsi, dans le bassin de l'Ariége, on cite les rivières d'Orlu, d'Astou, de Vicdessos et de Siguer (autrefois Oriéges d'Orlu, d'Astou, de Vicdessos et de Siguer), qui, toutes, reçoivent une grande quantité de débris de roches pyritifères. Celle de Siguer, qui reçoit ceux d'une grande étendue de montagnes schisteuses, recouverte d'îlots de pegmatite et d'eurite, est assez riche en sables aurifères pour qu'autrefois le lavage s'y fît fort avant dans la montagne.

L'Arize reçoit d'une part les détritus des montagnes d'Alzen, de Massat et d'Esplas; et d'autre part, les eaux des ruisseaux d'Ordas, de la Béouze, du Taliol, de Gabre et du Pitrou, qui roulent les débris des marnes alumineuses et pyritifères, voisins des gisements de lignite.

Le Salat est aurifère à Soueix, à l'aval des affluents d'Aulus et d'Ustou, et surtout au-dessous du confluent du Nert, qui reçoit les roches pyritifères altérées, si abondantes dans les montagnes de Rivernert.

Enfin, la Garonne, dont les eaux charrient les détritus des montagnes de Gouaux, de Luchon,

Digitized by Google

d'Oo, de Beauzeu et de Melles, est aurifère dans les bassins de Labroquère et de Valentine.

Il serait inexact de conclure de ce qui précède que la cueillette d'or peut se pratiquer sur toute l'étendue de ces cours d'eau. Les points les plus avancés dans la montagne où l'on ait lavé les sables aurifères sont la plaine de Soueix sur le Salat (Dietrict, t. I, pag. 26) et le village de Siguer.

En effet, les paillettes d'or sont d'autant plus abondantes, que la désagrégation et la destruction des roches pyritifères est plus avancée, et que les débris en sont plus nombreux. Aussi plus on s'éloigne des parties hautes des vallées et des points où les cours d'eau ont une grande rapidité, plus la cueillette d'or est avantageuse. Les sables aurifères se rencontrent surtout dans les anses où le courant a moins de force d'entraînement, et au milieu des alluvions anciennes entassées, soit aux points d'élargissement des vallées, soit à la sortie de la montagne, parmi les atterrissements diluviens de la plaine.

En raison de la densité de l'or et des roches qui le renferment, les points les plus riches se présentent toujours en tête des dépôts d'alluvions anciennes et des atterrissements de graviers qui résultent de l'érosion des berges formées sur ces alluvions. Aussi les orpailleurs s'établissaient de préférence dans les parages où ils reconnaissaient la présence de débris de minerai de fer, dont la densité se rapproche le plus de celle des paillettes d'or.

Les points où le lavage des sables aurifères s'est pratiqué le plus longtemps et sur une plus grande

Digitized by Google

échelle, sont tous situés dans les dépôts diluviens que l'on rencontre aux élargissements des vallées, et surtout au débouché de ces derniers dans la plaine. Là, les atterrissements anciens recouvrent les mollasses tertiaires qui constituent le fond et les berges des plaines de l'Ariége, de la Lez, de l'Arize, du Salat et de la Garonne. C'est en effet dans ces parages que l'on rencontre en plus grande quantité les détritus des roches les plus denses et les débris des minerais de la montagne (fer, plomb, or).

Ainsi, les orpailleurs de l'Ariége se sont toujours tenus entre Crampragnac et Saverdun (Diétrict, t. I, pag. 3), et surtout aux environs de Varilhes et de Pamiers. Dans la vallée de la Lez, ils sont restés au-dessous de Paillhés; sur le Salat, aux environs de Roquefort; sur la Garonne enfin, le lavage des sables s'est pratiqué au voisinage de Labroquère et dans le bassin de Valentine.

Ce n'est pas que quelquefois la cueillette d'or ne se soit faite dans la montagne. Ainsi, Diétrict cite le bassin de Soueix, sur le Salat; le ruisseau de Nivernert, et plusieurs affluents de l'Arize compris entre Labastide et le Mas. Nous nous sommes assuré que de 1800 à 1812 des orpailleurs de Pamiers ont souvent remonté la rivière de Siguer.

Les parages les plus recherchés des orpailleurs (Diétrict, t. 1, p. 3) étaient les rives de l'Ariége, aux environs de Bénagues, Rieux, Varilhes et Pamiers, surtout près des ruisseaux de Bénagues, de Rieux, de Trébont, de Peyreplanque, etc., qui, tous, se rendent à l'Ariége au travers des atterrissements diluviens de la plaine. Nous nous sommes assuré que ces ruisseaux ne sont aurifères que du

Digitized by Google

moment où ils entrent dans ces atterrissements, et que les points les plus riches sont à l'aval de leur confluent avec l'Ariége. Ainsi, ces cours d'eau ne sont en quelque sorte que de vastes lavoirs qui, d'une manière incessante, et surtout lors des inondations, en érodent et en détrempent les berges, et mettent à nu une partie des paillettes d'or qu'elles renferment. Il en est de même de quelques-uns des affluents de l'Alize et du Salat, cités ci-dessus.

D'après ce qui précède, on voit que l'origine des sables aurifères de l'Ariége et de la Haute-Garonne se rapporte à la décomposition et à la désagrégation des roches pyritifères de la montagne. Les détritus qui en proviennent se rencontrent principalement en tête des dépôts diluviens de la plaine et des atterrissements d'alluvions modernes. La décomposition et désagrégation des roches, si elle n'est complète, s'y achève rapidement. Diétrict (t. I, pag. 10) tend à se rapprocher de cette opinion, qu'il est porté à regarder avec Délius comme la plus vraisemblable.

Les sables aurifères de l'Ariége et de la Haute-Garonne ont donné lieu à une exploitation suivie jusqu'à la fin du dix-huitième siècle, qui s'est perdue entièrement vers 1812 à 1815. Suivant Diétrict, les orpailleurs de l'Ariége et de la Garonne ont amassé par campagne jusqu'à 200 marcs d'or à 22 de fin, qu'ils vendaient à la monnaie de Toulouse 72 livres l'once de paillettes. Si le lavage en est aujourd'hui abandonné, il faut l'attribuer non à la disparition et à l'appauvrissement des alluvions, mais bien à l'exiguïté du bénéfice d'une part (1 fr. 50 c. par 10 heures de travail),

Digitized by Google

et d'autre part, à l'augmentation générale de la main-d'œuvre. En outre, l'entretien et la mise en culture des berges des rivières et des ruisseaux s'opposent à l'érosion par les eaux, et partant à l'entassement sur les rives des sables aurifères, ce qui a considérablement diminué le bénéfice résultant du lavage de ces sables.

Digitized by Google

NOTICE

Sur le haut-fourneau construit à Brazey en 1836.

Par M. PAYEN.

Le haut-fourneau construit à Brazey diffère en plusieurs points des fourneaux ordinaires; mais ce qu'il présente de particulier dans sa construction, c'est l'emploi d'une chemise en terre réfractaire battue. Après une campagne de fondage, cette terre, séchée et chauffée en place, a fourni une seule brique qui paraît offrir la garantie d'une durée dont rien ne fait prévoir la limite. Cet avantage, joint au prix peu élevé de ce mode de construction, peut faire présumer qu'elle sera adoptée dans les localités où l'on pourra se procurer de la terre réfractaire à un prix peu élevé.

Lorsque je fis le projet de cette construction, je n'avais pas de moyen de me rendre exactement compte de la poussée qui serait opérée par cette masse lorsqu'elle serait échauffée. D'une part, il devait y avoir un retrait dû à la cuisson de l'argile, et d'autre part une dilatation due à l'élévation de température. L'expérience a montré qu'il n'y a en réalité qu'un mouvement de dilatation fort peu sensible sur la hauteur du fourneau : il y a eu d'un seul côté une dilatation de 2 centimètres. Quoi qu'il en soit, dans l'incertiude de ce qui arriverait, j'avais dû prendre les précautions les plus grandes pour assurer la solidité de la base qui soutient cette construction.

Le fourneau dont il est question a 10 mètres de

Digitized by Google

haut ; il est isolé au milieu d'une halle. A 3 mètres au-dessous du sol de cette halle, il existe un banc de sable solide de $1^m,50$ environ d'épaisseur ; au-dessous est un sol vaseux de 6 mètres environ de profondeur, puis des couches de gravier qui n'ont jamais été traversées.

On a appuyé la construction sur le premier banc de sable, et on a donné à la fondation 10 mèt. de côté ; le terrain a été entouré d'un rang de pilots de 2 mètres de longueur placés à un mètre les uns des autres ; il a été ensuite tassé au moyen d'autres pilots disposés de mètre en mètre, et sur le tout on a appuyé un grillage dont les points de rencontre reposent sur la tête des pilots et dont les intervalles ont été garnis de sable. Sur cette base on a fait une construction en moellons, traversée par deux galeries d'un mètre de large sur $1^m,50$ de haut. La partie de la maçonnerie qui se trouve au centre au-dessus des voûtes est bâtie en pierres sèches avec de larges joints ménagés afin d'éviter l'humidité sous la pierre de fond.

Sur cette base, qui offre toute la stabilité désirable, sont assis quatre piliers carrés de 2 mètres de côté et $2^m,50$ de haut, placés à $2^m,50$ l'un de l'autre. Les piliers du côté de la tympe sont seulement entaillés de manière à donner de l'espace pour faciliter le travail (voir *Pl. VI*, *fig.* 1 *et* 2).

Sur les quatre piliers dont je viens de parler, est placé un plafond formé par des solives en fonte de $3^m,50$ de long, 20 centimètres de haut et 10 centimètres d'épaisseur. Sur ces plafonds et sur les piliers repose le massif supérieur du fourneau, formé de quatre murs en briques communes d'un mètre d'épaisseur et de 7 mètres de haut, et de la chemise de 50 centimètres en terre battue

Digitized by Google

qui forme l'intérieur du fourneau. Comme l'extérieur est carré et que l'intérieur est rond, cette chemise prend de l'épaisseur dans les angles de manière à remplir le vide formé par les murs. Les précautions prises pour prévenir le mouvement de ces murs, sont :

1° Des canaux extrêmement nombreux réservés dans les murs en briques. Ces canaux existent dans un tiers des assises de briques ; ils ont tous des débouchés extérieurs et communiquent entre eux par des canaux verticaux placés dans les angles ;

2° Parmi les solives en fonte qui supportent la maçonnerie, il y en a douze qui sont terminées par un crochet à chaque extrémité, de sorte que lorsqu'elles sont en place, appuyées les unes sur les autres, elles s'opposent énergiquement à leur écartement réciproque. Elles font à la fois l'office de solive et l'office de tirant, et de cette manière le mouvement du massif supérieur du fourneau ne peut être transmis aux quatre piliers qui le soutiennent ;

3° Enfin, il y a douze tirants en fer, trois de chaque côté, arrêtés par des disques en fonte de chaque côté des parois extérieures.

D'après cette description sommaire, on jugera que, sauf le massif de fondation, auquel on a donné une grande base parce que le sol vaseux qui existe au-dessous de la couche de sable sur laquelle la maçonnerie est appuyée aurait pu donner de l'inquiétude, sauf cette précaution, la construction est du reste fort simple, puisqu'elle se réduit à quatre piliers supportant quatre murs par l'intermédiaire de solives. Il n'existe ni double mur, ni massif épais, ni couche de sable battu entre deux murs. Il n'existe non plus aucune voûte.

Une seule chose présente de la valeur : c'est la

Digitized by Google

fonte employée pour les solives. Les personnes qui ont visité un grand nombre de fourneaux ont pu remarquer que toutes les fois qu'il y existe des voûtes, ils périssent par là ; l'écartement agissant sur les piédroits, les voussoirs se trouvent séparés et la tour du fourneau tombe en ruines. Le seul moyen efficace de donner de la solidité à cette espèce de maçonnerie est donc de remplacer les voûtes par des solives en fonte, qui peuvent exister en plus ou moins grande quantité.

On pourrait faire une économie sur l'emploi de ces solives de diverses manières. Comme il n'y a de nécessaire que deux embrasures, celle de la tuyère et celle de la tympe, la rustine et le contrevent pourraient présenter des murs pleins. Ce mode de construction, qui est très-commun dans les anciens fourneaux, est moins avantageux pour l'usage. En effet, on doit prévoir les accidents qui peuvent se présenter dans les fondages et l'utilité dont il peut être de changer le roulement du fourneau en mettant deux tuyères. Ainsi, il peut se présenter deux cas dans le commerce de la fonte : ou elle est chère et très-demandée, ou elle est bon marché et d'un placement difficile. Dans le premier cas, une petite économie de combustible est indifférente. Il faut produire beaucoup : c'est le cas de placer deux tuyères et de donner une grande quantité de vent. Dans le second, il convient de ménager le vent et il suffit d'une tuyère ; le placement de la seconde tuyère ne paraît produire aucun avantage quand on ne dépasse pas 22 mèt. cubes par minute. Avec deux tuyères, on peut en produire jusqu'à 45 (1). Quant aux

(1) En donnant deux fois autant de vent il faut don-

Digitized by Google

accidents qui peuvent arriver, ils sont de nature à exiger quelquefois le placement d'une tuyère au contrevent et même à la rustine, chose qui devient impossible lorsque les fourneaux sont entourés de murs pleins. Enfin, lorsque le fourneau est entouré de deux murs avec un pilier entre deux embrasures, il y a une cause de destruction qui provient de ce qu'il y a inégalité de tassement dans les maçonneries et inégalité de résistance contre les poussées, ce qui rend désirable de mettre la plus grande symétrie possible dans la construction.

Le fourneau, construit comme je viens de le dire, a coûté, savoir :

Moellons pour la fondation. . .	300 mèt. cub.	à 15 f.	4.500 f.
Taille pour les quatre piliers.	48	40	1.920
Briques pour les murs.	136	15	1.980
Terre réfractaire pour la chemise.	21	6,20	130,20
32 gueuses pesant 500 kil. l'une.	16.000 k.	20	3.200
12 barres de fer pesant 126 k. l'une.	1.612	60	973
			12,703,20

Ce qui doit attirer l'attention, c'est la chemise en terre battue; en effet, il a été employé 21 mèt. cubes de terre réfractaire coûtant 3 fr., et 15 jour-

bler également la capacité du fourneau pour que les mines y restent le même temps; c'est ce que l'on fait en augmentant le diamètre du ventre ou en plaçant une partie cylindrique à sa plus grande largeur.

nées d'un mouleur et son aide, 67 fr. 20, ensemble 130 fr. 20.

Depuis, on a fait venir d'autre terre d'une localité plus éloignée qui revient à 8 fr. le mètre cube; la chemise faite avec cette dernière ne coûterait encore que 235 fr. 20 c.; une chemise en brique réfractaire coûterait 3.000 fr., et une chemise en calcaire 500 fr.; elle ne durerait qu'une campagne.

Quant à la construction de cette chemise en terre battue, rien n'est plus simple : la terre presque sèche est dammée fortement entre le mur extérieur du fourneau, et un mandrin en planches qui figure la forme intérieure que l'on veut donner au vide de la cuve; cette opération se fait comme celle par laquelle on garnit un fourneau à la Wilkinson.

Si le terrain sur lequel les fondations ont été établies l'eût permis,

	fr.
La fondation aurait été réduite à.	1.890
En ne mettant que deux embrasures, le nombre des solives en fonte pourrait être réduit à 12. .	1.200
Les murs, 200 mèt. cub. à 15 fr.	3.000
Barres de fer.	973
Chemise.	130
	7.193

Il faut remarquer que j'ai compté la fonte à un prix élevé, la maçonnerie aussi à un prix élevé; et il y a bien des localités où cela pourrait être diminué sensiblement. Il existe aussi beaucoup d'endroits où la mine n'exige pas un aussi long séjour dans le fourneau et où la hauteur peut être moindre. Ce qu'il faut remarquer, c'est que le fourneau de Brazey que j'ai décrit remplace un fourneau qui a coûté 23.000 fr. C'est en partant de certaine comparaison que l'on peut juger de l'avantage des modifications que j'ai introduites.

Digitized by Google

MÉMOIRE

Sur le gisement de basalte avec du bois silicifié et bitumineux au Hoher Seelbachs-Kopf, *dans la contrée de* Seel *et* Burbach, *près la ville de* Siegen, *et sur des phénomènes analogues;*

Par M. le docteur NOEGGERATH, Professeur et Conseiller supérieur des mines de Prusse.

Le plateau basaltique sur la chaîne du *Hoher Westerwald* s'élève de la grauwacke, et porte des dépôts de la formation de lignite d'une grande importance, bien qu'ils soient détruits et morcelés de différentes manières. L'élévation basaltique est sans contredit postérieure à l'âge de cette dernière formation, et en a occasionné le morcellement. C'est ce qu'a prouvé à l'évidence M. Embrich (1). Aux environs du *Westerwald* se trouvent encore beaucoup de montagnes et de filons basaltiques dans le domaine des grauwackes. Ils semblent être situés sur des crevasses d'éruption, qui partent de la masse principale du plateau. Au nord de celle-ci, on distingue surtout deux rangées de montagnes basaltiques, disposées assez parallèlement entre elles, et se dirigeant à peu près du nord-ouest vers le sud-est; elles se trouvent en partie immédiatement à la limite de la grau-

(1) Voyez son mémoire sur la formation des lignites du *Westerwald*, et les roches qui y ont rapport, dans l'Archiv für Mineralogie, de Karsten, tome VIII, page 3 et suivante.

Digitized by Google

wacke, en partie isolées en dedans de cette limite. L'une de ces rangées, la plus orientale, est formée par les *Dreistein*, près de *Lippe*, le *Hoher-Seelbachs-Kopf*, le *Mahlscheider-Kopf* et le *Druidenstein*; l'autre, plus occidentale, est formée par le *Muderstein*, situé à la limite du plateau basaltique, le *Schienberg*, par trois collines situées à la limite de la masse basaltique du grand *Westerwald*, limite qui regarde ici vers le nord et présente une saillie ondulée; c'est-à-dire, par la *Burg*, le *Sleinskopf* et le *Hasselich*; puis, en avançant plus loin dans les montagnes de grauwacke, par le *Käuser-Steimnel*, par deux collines près des villages de *Seifen* et de *Molzhain*, et enfin par le *Steinérother-Kopf* (1). L'une de ces montagnes a déjà eu antérieurement de l'importance par rapport à l'origine du basalte. C'est le *Druidenstein* dont M. *J.-Ch.-L. Schmidt* a fait une description bien intéressante (2). Dans les temps modernes, une autre de ces montagnes basaltiques, le *Hoher-Seelbachs-Kopf*, a fixé l'attention des géologues. Ses rapports géologiques seront exposés dans ce mémoire.

Dans le mois d'août 1837, M. *Charles Gontermann*, propriétaire de mines et d'usines à *Zeppenfeld*, annonça, dans une feuille publique de la ville de *Siegen*, que, lors des fouilles faites dans le voisinage de *Hoher-Seelbachs-Kopf*, il

(1) Pour se former une idée plus exacte de la situation de ces montagnes basaltiques, on n'a qu'à consulter la carte des collines basaltiques entre la *Heller*, la *Jieg* et le *Nesten*, par M. J.-Ch. L. Schmidt, (dans Noeggeraths Gebirge in *Rheinland-Westphalen*, tome II).

(2) Noeggerath's Gebirge in *Rheinland-Westphalen*, tome II, pag. 216 et suiv.

Digitized by Google

avait trouvé plusieurs troncs d'arbres fossiles, qui se rencontrent debout dans un tuf balsaltique. Cette nouvelle attira l'attention des géologues et des mineurs; la chose fut examinée de plus près; on trouva que les bois étaient passés à l'état siliceux. On présuma qu'une forêt entière, à l'endroit de sa végétation primitive, pouvait être ici enfermée par le tuf basaltique (conglomérat basaltique), et que, peut-être, on pourrait poursuivre les troncs silicifiés jusqu'à leur humus antérieur. Pour voir jusqu'à quel point ces conjectures étaient fondées, et en général pour éclaircir ce fait géologique, M. *Charles Gontermann* d'abord fit faire des travaux de recherches dans les années 1838 et 1839. Peu de temps après, le ministère des finances de la *Prusse* ordonna à l'administration royale des mines de les faire continuer sur une plus grande échelle.

A une demi-lieue du village d'*Altenseelbach*, éloigné au sud de deux milles de la ville de *Siegen*, on voit s'élever, à partir d'un dos de la chaîne de Grauwacke, le *Hoher-Seelbachs-Kopf*, ainsi que deux petites collines basaltiques situées isolément tout près de ce dernier. Un peu plus loin s'élève la puissante colline basaltique du *Mahlscheider-Kopf*.

D'après les mesures barométriques faites par feu M. Schmidt, ingénieur des mines à *Siegen*, le *Hoher-Seelbachs-Kopf* s'élève de 1,596 pieds de France au-dessus du niveau de la mer, tandis que le *Salzburger-Kopf*, le point le plus élevé sur le plateau du *Westerwald*, composé également de basalte, atteint, d'après les observations du même M. Schmidt, une hauteur de 2.021 pieds.

Le basalte du *Hoher-Seelbachs-Kopf*, tel

qu'il se présente dans une carrière ouverte du côté septentrional, se divise en prismes réguliers, à angles prononcés. Les prismes, larges de 8, 10 à 18 pouces, ont jusqu'à 40 pieds de longueur sans interruption; ils ont une inclinaison septentrionale d'environ 80 degrés. A cause de leur irrégularité, on en fait différents usages : on s'en sert par exemple, pour faire des gradins, et dans l'exploitation des mines, pour en faire des étais. Les joints que l'on remarque entre ces prismes sont ordinairement larges d'un demi-pouce; ils se trouvent remplis d'une terre ferrugineuse et grasse au toucher, qui provient principalement de la décomposition des parties de péridot granuliforme, qui se trouvaient engagées à la surface des prismes. C'est ce qui est confirmé par les cavités visibles à la surface des prismes.

Si l'on s'avance vers le sommet de la montagne, le dépôt basaltique y devient moins coloniforme et plus massif.

La masse du basalte est très-compacte, sans cavités bulbeuses et très-tenace. L'on y voit du péridot très-lamellaire engagé en parties de quelques lignes de longueur et de largeur, ainsi que du fer oxydulé, à cassure bien conchoïde, de sorte que les cassures foncées du basalte brillent partout. Il arrive rarement qu'il se trouve dans la masse de basalte des parties de péridot plus considérables. Il s'y montre aussi renfermé quelquefois d'assez grands fragments d'une roche siliceuse étrangère d'une couleur blanc-grisâtre. On voit distinctement que leur nature tient de celle d'un grès. En tenant compte d'autres particularités que présente la localité, et dont je ferai mention plus bas, on peut les prendre sans hésiter pour des fragments

Digitized by Google

de grès de la formation des lignites. Il n'y a pas de doute que ce grès n'ait été enfermé dans le basalte lors de son soulèvement.

A peu près vers le sud-est, non loin de la colline du *Hoher-Seelbachs-Kopf*, sont situées les deux autres petites élévations basaltiques, dont la masse ne semble pas former un tout avec elle. Celle qui se trouve le plus vers le sud, et qui a la plus grande élévation, présente des blocs basaltiques irréguliers. L'autre, située plus vers le sud-est du *Hoher-Seelbachs-Kopf*, ne se distingue guère par sa forme. Effectivement, elle ne s'élève que très-peu au-dessus du terrain des Grauwackes, en présentant une forme arrondie et peu élevée. C'est ici que l'on a trouvé le bois fossile et que l'on a creusé des tranchées et un puits dans le but de faire des recherches.

La tranchée que l'administration des mines a fait creuser se dirige du nord-est au sud-ouest; elle commence à partir de la limite entre l'affleurement des roches de grauwacke et les fragments de conglomérat basaltique, qui sont mêlés de terre végétale, et qui recouvrent la grauwacke. Jusqu'à la profondeur de trois lachters, on ne pouvait pas distinguer le gisement des roches de grauwacke, parce que les têtes des couches étaient fracassées : dès qu'elles commençaient à s'élever dans la direction de la colline, la grauwacke se montrait distinctement stratifiée sur une longueur de deux lachters. Les couches avaient une inclinaison de 60 à 70 degrés vers le nord-est; ainsi, elles s'inclinaient vers la colline du *Hoher-Seelbachs-Kopf*. Vers cet endroit, le conglomérat basaltique offrait déjà une assez grande ténacité. Par là, il était plus difficile d'avancer

Digitized by Google

dans le travail de la tranchée, qui fut presque entièrement pratiquée dans le conglomérat sur la longueur des cinq derniers lachters. En effet, on avait cessé de suivre la limite entre les deux roches, et on avait travaillé dans une direction ascendante, de sorte qu'à son extrémité sud-est, la tranchée n'avait que la profondeur d'un lachter. Ce qui prouve que vers le centre de la colline le conglomérat basaltique descend, et que c'est ici qu'il faut chercher l'ouverture par laquelle il s'est élevé, c'est un puits que l'on a creusé, à la distance de 14 lachters, à partir du commencement de la tranchée, et qui se trouve tout entier dans le conglomérat basaltique. Il a une profondeur de 3 1/2 lachters, et il est creusé à la profondeur d'environ un lachter au-dessous du niveau du commencement du fossé. On a encore creusé dans le conglomérat basaltique deux autres tranchées moins profondes, sans qu'on ait trouvé la grauwacke.

Tout près de la surface, le conglomérat basaltique se rencontre ordinairement dans un état de décomposition plus ou moins parfaite, souvent même il est friable. Il se présente, presque toujours, sous la forme de fragments basaltiques anguleux et arrondis. Ceux-ci ont des dimensions d'une ou plusieurs lignes, d'un ou plusieurs pouces; souvent même ils atteignent la grosseur d'un pied. A l'ordinaire, ils n'ont pas de structure bien compacte; leur cassure est à grains inégaux. On les trouve agglomérés par une masse basaltique qui présente à peu près les mêmes caractères. Néanmoins, on peut presque toujours distinguer les fragments de basalte du ciment basaltique, qui les agglutine. Les fragments adhèrent au ciment avec une force telle, qu'en brisant la roche, on ne

Digitized by Google

peut pas les séparer, attendu qu'ils ne manquent pas de se casser en même temps. Il est difficile de préparer de beaux échantillons de ce conglomérat pour les collections; les pièces que l'on obtient ne sont pas planes, mais informes, tuberculeuses.

Tout le conglomérat a une couleur très-foncée par rapport à d'autres roches analogues. Par-ci, par-là, on y a rencontré des fragments scoriformes remplis de cavités bulleuses assez grandes. A la surface de la colline, on voit, sur trois points différents, s'élever de très-grandes masses basaltiques. Il est incertain si elles appartiennent à l'affleurement de masses basaltiques cohérentes, ou si ce ne sont que de très-grands blocs de basalte, qui gisent dans le conglomérat. Le dernier cas est le plus vraisemblable.

Si l'on casse quelques morceaux de ces blocs, on voit qu'ils sont également remplis de cavités bulleuses, dans lesquelles il se trouve un carbonate de chaux tantôt très-blanc, tantôt jaunâtre. A en juger par l'extérieur, on est tenté de prendre ce carbonate plutôt pour de l'aragonite que pour du spath calcaire.

Partout le conglomérat basaltique renferme du bois bitumineux d'une texture fibreuse et souvent d'un éclat soyeux. Ce bois s'y rencontre sous forme de fragments ou d'éclats isolés plats, ayant des grandeurs très-diverses, 1/2 pouce jusqu'à environ 5, 6 à 7 pouces de longueur sur autant de largeur. Il y a des cas, mais ils sont rares, où il présente l'aspect et la cassure conchoïde du jayet. Ce bois bitumineux est intimement lié au conglomérat; il est mêlé avec lui dans le vrai sens du mot, et il s'y rencontre en une si grande abondance, qu'on aurait de la peine à trouver aux parois du puits

quelque place où l'on pût étendre la main, sans en couvrir en partie ou en totalité un fragment de bois bitumineux.

C'est aussi dans le conglomérat basaltique que l'on a trouvé les bois silicifiés, pour la plupart debout, selon la direction de leurs fibres. Au lieu de les appeler TRONCS, il vaudrait mieux, à ce que je crois, les désigner par le nom de BUCHES IRRÉGULIÈRES. Ce sont ordinairement de longs fragments de troncs d'arbres. J'en ai vu qui étaient longs de près de 15 pieds; il y en a d'autres qui sont plus petits, n'ayant qu'une longueur de 1, 2 à 3 pieds.

Ces pièces de bois sont, pour la plupart, aiguës; il y en a pourtant qui sont tronquées presque transversalement aux fibres; il y en a d'autres qui sont arrondies comme des galets. Les faces latérales de ces bois ont une forme tout à fait irrégulière par rapport aux fibres; rarement on voit encore des traces de la rondeur du tronc. Aux points où le bois portait des branches, où par conséquent il était noueux, les pièces sont ordinairement plus grosses que dans les morceaux qui ont des fibres tout à fait rectilignes. Ça et là, il y a aussi des vestiges qui montrent que, dans le sens horizontal, le bois a éprouvé une forte pression. On trouve aussi des pièces qui font voir, à l'évidence, qu'avant sa pétrification, le bois fut plié en différents points.

Ce qu'il y a de plus remarquable, c'est que la plupart de ces pièces de bois étaient situées dans le conglomérat basaltique, dans une position verticale ou au moins très-inclinée. Sur une étendue d'environ 5 à 6 perches carrées, il s'est trouvé dans les tranchées près de 25 à 30 pièces de bois

Digitized by Google

silicifié, placées dans une position presque tout à fait verticale, tandis qu'il ne s'en est trouvé que quelques-unes qui avaient une position horizontale. Dans les puits, on a rencontré, à la profondeur de deux lachters, les dernières pièces de bois silicifié d'une grandeur assez considérable. Dans cette partie, on a trouvé entre autres une pièce couchée horizontalement. Le bois silicifié renfermé dans le conglomérat basaltique ne se présente pas sous forme d'éclats aussi petits que le bois bitumineux. Aussi les pièces de bois silicifié ne semblent-elles pas être réparties uniformément dans le conglomérat. En creusant les tranchées, on a trouvé la plupart des pièces situées tout près les unes des autres, à la proximité du point le plus élevé : ce qui n'eut pas lieu vers le commencement des tranchées, où l'on pouvait encore remarquer que la grauwacke était recouverte par le conglomérat, et où ce dernier avait, par conséquent, une puissance peu considérable.

Les pièces de bois silicifié ne sont pas liées aussi intimement au conglomérat que les éclats de bois bitumineux ; elles peuvent en être retirées facilement. En effet, épaisses de quelques lignes, et même plus épaisses, elles sont enduites dans les cavités d'une terre d'un vert-olive foncé, grasse au toucher à l'état frais. Celle-ci montre évidemment qu'elle est le résultat d'une décomposition du basalte. Il est hors de doute que le conglomérat basaltique, après avoir enfermé les pièces de bois, a éprouvé des contractions dans sa masse. Par suite de ces rétrécissements, la masse de conglomérat a produit de petits espaces vides entre le bois et la roche environnante, en sorte que les pièces n'adhéraient plus à leurs parois. Des

Digitized by Google

eaux, qui se sont infiltrées de tous côtés, ont entrainé le basalte décomposé, et l'ont déposé à l'état terreux tout autour des bois silicifiés.

La texture primitive est complétement conservée dans les pièces de bois silicifié. Il faut que les arbres auxquels elles appartenaient aient eu des branches nombreuses, puisqu'on remarque bien fréquemment des nœuds. La structure intérieure indique le plus évidemment que le bois a appartenu à des arbres dicotylédons.

Tantôt la silicification est complète, tantôt elle semble l'être moins; en examinant différentes pièces, l'on trouve des passages nombreux. Quelques-unes, compactes et dures, font feu au briquet. Il y a même quelques pièces dont les côtés sont recouverts de très-petits cristaux de quartz, qui, comme le cristal de roche, se présentent sous forme de prismes allongés. Il y en a d'autres dont on ne peut nullement faire jaillir d'étincelles; elles ont si peu de dureté, qu'on peut les couper avec un couteau, et que l'ongle peut en détacher facilement des morceaux dans le sens des fibres. Les bois silicifiés ont une couleur blanche, ne tirant qu'un peu sur le jaunâtre. Quelques pièces, qui, pour la plupart, sont petites, présentent une couleur brune avec des nuances plus ou moins foncées. Elles semblent tenir et de la nature du bois silicifié et de celle du bois bitumineux.

L'administration royale des mines à *Bonn* avait envoyé entre autres quelques pièces de ces bois à M. Göppert, professeur à *Breslau*, pour voir quel serait le jugement qu'en porterait ce savant, si versé dans la connaissance des végétaux pétrifiés. Je vais communiquer littéralement la réponse qu'il a donnée dans le mois de novembre 1839.

Digitized by Google

« Les bois trouvés dans le tuf basaltique de *Hoher-Seelbachs-Kopf*, près de *Siegen*, tant celui qui a été transformé en lignite (le bois bitumineux) que celui qui a été pétrifié par la silice, appartiennent l'un et l'autre à la famille des conifères, au genre fossile *Pinites*, mais ce sont des espèces qui se distinguent essentiellement, comme on le voit par les figures que je communiquerai sous peu (1). J'ai trouvé la même espèce de bois bitumineux dans les lignites de *Friesdorf*, près de *Bonn*; de *Salzhausen*, dans la *Wettéravie*; d'*Artern*, en *Thuringe*; dans ceux qui accompagnent le succin dans les couches qu'il forme à *Rauchen*, près la ville de *Konigs-Bergen-Prusse*, ainsi que dans les xylopales de la *Hongrie*. Cette espèce ayant beaucoup d'analogie par rapport à sa structure anatomique avec le *Pinus larix* de la végétation actuelle, comme on le verra par mes dessins comparatifs, je la désignerai par le nom de *Pinites protolarix*. Toutefois, on n'est pas en droit de la considérer comme parfaitement identique avec cette espèce, attendu qu'il n'est pas démontré qu'elle ait avec elle de l'identité sous le rapport de la fleur, du fruit, des feuilles, etc. Effectivement, on a trouvé que parmi les conifères actuels il y a des espèces essentiellement différentes, quant à l'extérieur, telles que le *Pinus sylvestris* et le *Pinus strobus*, qui, néanmoins, ont la plus grande analogie relativement à la structure anatomique. Lorsqu'au moyen de l'acide fluorhydrique, j'eus éloigné la silice du tuf volcanique qui enveloppe les bois, j'obtins

(1) Les dessins n'étaient pas encore arrivés, lorsque j'ai terminé ce mémoire.

Digitized by Google

ses analogies, dont on s'est assuré suffisamment, appartient originairement au grès de la formation de lignite, de même que les parties siliceuses enfermées dans le basalte du *Hoher-Seelbachs-Kopf*, dont il a été parlé plus haut.

Je n'ai trouvé nulle trace de fragments de grauwacke et de schiste argileux enfermés dans le conglomérat basaltique. Il est vrai qu'aux endroits où il est immédiatement superposé aux têtes fracassées des couches de grauwacke, les deux roches se trouvent mêlées entre elles. Or, c'est là une circonstance qui ne se manifeste nullement ici. Les carrières pratiquées au sud-ouest et au nord-est du *Hoher-Seelbachs-Kopf*, ainsi que plusieurs tranchées creusées aux environs, dans le but de trouver des pierres de taille propres à la confection des creusets des hauts-fourneaux, semblent déterminer avec quelque précision les limites du basalte du *Hoher-Seelbachs-Kopf* et des deux petites élévations qui l'accompagnent. Toutefois, il n'est pas certain si, dans une direction quelconque, les deux dernières ne communiquent pas par des filons avec le *Hoher-Seelbachs-Kopf*. Le *Malhscheider-Kopf* est assez mis à découvert à la surface pour qu'on puisse reconnaître qu'il s'élève isolément de la grauwacke. Cependant, par les travaux des mines, on a pu s'assurer que le *Malhscheider-Kopf* a aussi ses ramifications de filons basaltiques (1).

La grauwacke et le schiste argileux, aux environs des montagnes basaltiques en question, ont

(1) Voyez J.-Ch.-L. Schmidt, dans Nöggerath's Gebirge in *Rheinland-Westphalen*, tome II, pag. 238 et suivantes.

subi un changement essentiel. Les deux roches ont été blanchies ; tout au plus, on trouve les fissures colorées en jaune par de l'oxyde de fer hydràté qui s'est infiltré postérieurement. Le phénomène de décoloration est fréquemment observé dans les roches traversées par des masses basaltiques. On le voit encore dans le voisinage de sources minérales riches en acide carbonique (1). On pourrait l'attribuer à l'action des acides dégagés dans l'un et l'autre cas où des causes analogues ont été agissantes.

La grauwacke étant très-réfractaire sous cet état, est surtout propre à donner des pierres pour la construction des creusets dans les hauts-fourneaux. C'est dans ce but qu'on en fait des usages multipliés dans le pays de *Siegen*. Les carrières près du HOHER-SEELBACHS-KOPF sont de ce genre. On y trouve un grès quartzeux, à grains assez petits, contenant peu de mica d'une couleur très-blanche, et très-peu d'un ciment terreux (argileux ?). Le schiste argileux, alternant avec cette grauwacke, est presque tout à fait décomposé. Tantôt il montre encore des traces de sa structure schisteuse, tantôt cette structure a disparu complétement, en sorte que la roche est transformée en une argile à potier ordinaire, qu'il est impossible de distinguer des argiles de la formation des lignites. Dans l'un et l'autre cas, la masse argileuse s'amollit complétement dans l'eau, et forme une pâte plas-

(1) Au lieu de citer beaucoup d'exemples, je ne ferai mention ici que de la contrée adjacente à la source minérale de *Heppingen* sur l'*Ahr* ; celle-ci prend sa source au pied du colosse basaltique de la *Landskrone*, et traverse le schiste argileux.

tique. C'est ainsi que, dans une vieille excavation à l'est du *Hoher-Seelbachs-Kopf*, il se trouve des dépôts d'une argile dont on s'est servi même pour faire de la poterie. On prendrait ces dépôts pour des argiles de la formation des lignites, si le terrain adjacent ne démontrait qu'ils consistent en un schiste argileux altéré. Une autre espèce d'argile, qui se trouve entre des couches de grauwacke dans la carrière située au nord du *Hoher-Seelbachs-Kopf*, a encore quelques traces, à la vérité très-faibles, d'une structure schisteuse, et indique suffisamment que du schiste argileux il a passé à cet état.

Dans une carrière située au sud-ouest du *Hoher-Seelbachs-Kopf*, qui, maintenant encore, est en grande activité, les couches de grauwacke ont une direction de 4 heures (d'après la boussole des mineurs allemands), et forment une inclinaison orientale de 80° à 85°. Dans une autre carrière, au nord du *Hoher-Seelbachs-Kopf*, la direction est de 3 à 4 h., tandis que l'inclinaison, également orientale, est de 80 degrés.

Les couches n'étant pas à découvert sur d'autres points dans le voisinage de l'élévation basaltique, on ne peut pas les observer suffisamment. La grauwacke de la nature du grès se rencontre en couches de 3 pouces à 1 1/2 pied d'épaisseur. Ces couches alternent avec des argiles schisteuses de la même espèce que le schiste argileux modifié, qui vient d'être décrit. La position que l'on assigne aux couches de la grauwacke altérée et du schiste argileux est plus verticale qu'elle n'a coutume de l'être dans ces contrées. C'est ainsi que ces roches se trouvent dans ce pays partout où, dans le voisinage, il y a des épanchements de basalte, et leur

Digitized by Google

nature pétrographique est toujours changée de la manière ci-dessus indiquée. Dans la grauwacke, tout près des élévations basaltiques, il se montre aussi des filons métalliques. A l'ouest du *Mahlscheider-Kopf*, il y en a plusieurs où l'on exploite des minerais de plomb et de cuivre. Au nord-est de cette montagne, l'on remarque un faisceau important de filons de minerai de fer, qui contiennent souvent des minerais de plomb, surtout du plomb carbonaté; la mine de *Karlshoffnung* y est établie.

Les rapports géologiques ci-dessus des pièces de bois silicifié trouvées dans le conglomérat basaltique, près du *Hoher-Seelbachs-Kopf*, montrent à l'évidence qu'il ne peut pas s'agir ici d'arbres enveloppés par le conglomérat basaltique à l'endroit où ils ont végété, et silicifiés simultanément ou plus tard. Quant à moi, je crois que *le conglomérat basaltique, en se faisant jour à travers la grauwacke, a rencontré des couches de lignites superposées, et que tout en les détruisant, il a enfermé dans sa masse des produits de cette destruction; que c'est de cette manière qu'il faut expliquer l'origine des pièces de bois silicifié et bitumineux dont il est question.* Telle est l'opinion que j'ai émise aussitôt après avoir vu pour la première fois les tranchées de recherche et les pièces de bois qu'on y avait trouvées.

Beaucoup de circonstances viennent à l'appui de cette opinion; il y en a d'autres, au contraire, qui semblent la contredire. Examinons d'abord celles-ci. Mon opinion supposée vraie, il est étonnant que les longues pièces de bois silicifié se trouvent le plus souvent debout dans le conglomérat

Digitized by Google

basaltique. Ce conglomérat, ou du moins le ciment qui y prédomine, ne peut être supposé à l'état d'une pâte plus ou moins consistante qu'à l'époque où il a percé la grauwacke. Mais qui sait quels mouvements particuliers ont eu lieu pendant que les gaz volcaniques s'échappaient avec violence?

On peut très-bien s'imaginer que des forces mécaniques analogues aient été agissantes; que par suite les pièces de bois silicifié et les couches fracassées de bois bitumineux soient tombées dans la fente ou la crevasse qui s'ouvrait, et que là elles se soient intimement mêlées au conglomérat basaltique, pendant qu'il était soulevé. On conçoit aussi que le bois silicifié, qui, en vertu de sa solidité, résistait mieux à la masse soulevée que le bois bitumineux trop cassant, dut s'y conserver en pièces plus grandes que ce dernier, et que même il dut être, en grande partie, enfermé verticalement dans la pâte basaltique.

Ce qui semble encore contredire mon opinion, c'est que dans le voisinage du point remarquable dont il s'agit, il ne se trouve pas de couche de lignites sur le terrain des grauwackes. Les couches de lignites situées le plus près sont entre *Nisterberg*, *Derschen*, *Friedewald*, à deux lieues au sud du point en question. Toutefois, il n'est pas démontré qu'il ne se rencontre pas de couches du terrain des lignites à une distance bien plus rapprochée. Il est probable qu'elles ne sont pas à découvert, ou qu'on ne les a pas reconnues pour telles.

En effet, l'affleurement des roches des environs n'est pas partout bien facile à reconnaître comme appartenant à la formation de la grauwacke. La contrée offre une végétation assez abondante;

Digitized by Google

on y trouve des forêts, des bruyères et des champs, dont le sol recouvre des parties rocheuses.

C'est ainsi qu'on ne peut pas même dire avec certitude, que le dos de grauwacke, d'où se sont élevés le *Hoher-Seelbachs-Kopf* avec la colline adjacente, ainsi que le *Mahlscheider-Kopf*, ne supporte pas quelque part une roche plus récente. Puis, il faut surtout remarquer, que sur plusieurs points des environs, il se rencontre des dépôts d'argile à potier. A moins qu'on ne fasse des travaux de mines plus étendus, il sera difficile de décider si ces dépôts appartiennent au schiste argileux tout à fait décomposé et blanchi par l'action des éruptions basaltiques, ou s'ils font partie des argiles de la formation des lignites. Dans cette contrée, il est effectivement très-difficile, pour ne pas dire impossible, de distinguer entre elles ces espèces d'argile.

Du reste, on sait que la formation des lignites, même dans des contrées où elle est très-répandue, et où l'on ne voit pas que des forces volcaniques aient été agissantes, se trouve interrompue de différentes manières et très-modifiée dans sa composition d'un point à un autre. Sur le *Hoher-Westerwald*, la formation des lignites, comme on le voit par la carte du mémoire d'ERBREICH, cité plus haut, forme dans son étendue plutôt des espèces d'îles qu'une masse cohérente. Ce point ne peut pas être cité ici pour exemple, attendu que les forces volcaniques y ont agi puissamment.

Cependant, il n'est pas certain que le *Hoher-Westerwald*, avant l'époque de ses soulèvements basaltiques, ait été recouvert partout de la formation des lignites, et que sur les points où la su-

Digitized by Google

perposition avait lieu, il l'ait été de la même manière et uniformément.

Supposons, d'un autre côté, qu'il ne se trouve actuellement pas de trace de formation de lignites dans le voisinage immédiat du *Hoher-Seelbachs-Kopf*, et qu'il ne soit pas vraisemblable que les dépôts de lignites qui y auraient existé antérieurement aient été tellement petits, qu'ils eussent pu être engloutis par la crevasse provenant du soulèvement basaltique. Dans ce cas, il serait encore possible d'expliquer de quelle manière des dépôts de lignites plus considérables qui y auraient existé réellement, ont pu disparaître complétement, sauf les restes peu considérables qui enveloppent les masses basaltiques. S'il est vrai, comme il est suffisamment prouvé par ce qui a été dit plus haut, et par les observations faites dans d'autres localités, que les éruptions basaltiques aient également soulevé la formation des grauwackes et qu'elles lui aient donné une position plus inclinée par rapport à ses couches, il a fallu nécessairement que les couches de lignites, peu dures en elles-mêmes, qui alors recouvraient déjà la grauwacke, reçussent des secousses violentes, par suite desquelles elles ont été morcelées. Cela posé, n'est-il pas possible que les lignites aient été emportés plus tard par les eaux, ou même par des alluvions qui étaient causées par ces éruptions? Abstraction faite même de catastrophes analogues, on conçoit que les interruptions dans les dépôts de la formation des lignites peuvent résulter fréquemment d'atterrissements postérieurs; d'où il peut arriver que cette formation n'existe pas à des endroits où autrefois elle formait des dépôts très-considérables.

Digitized by Google

S'il faut admettre, comme je le fais réellement, que les bois silicifiés dont il est question n'ont pas passé à l'état siliceux au moment où ils ont été enfermés dans le conglomérat basaltique, ou après qu'ils l'étaient déjà, mais qu'ils y ont été introduits dans le même état où ils se trouvent actuellement, et que déjà dans la formation des lignites ils se trouvaient sous le même état, il s'agit de trouver dans la formation des lignites elle-même des analogies à l'appui de mon opinion.

M. Slifft rapporte (1) qu'aux environs de *Breitscheid*, sur le *Westerwald*, on trouve du bois transformé en cornéenne et en opale, immédiatement sous la terre végétale, près de couches de lignites. Il dit que le bois converti en opale qu'il y a trouvé, ressemble justement à celui de l'*Oberkasseler-Busch*, dans le *Siebengebirge*; il renvoie à l'un de mes ouvrages où j'en ai fait la description (2). Or, plusieurs des pièces trouvées dans cette dernière localité, surtout les plus compactes, sont parfaitement semblables à celles du *Hoher-Seelbachs-Kopf*; d'ailleurs je n'ai pas trouvé en cet endroit des pièces aussi fibreuses que celles du *Siebengebirge*.

Les bois blancs silicifiés de *l'Oberkasseler-Busch* méritent de trouver place ici, attendu qu'ils se rencontrent dans la formation des lignites. J'hésitai d'abord, il est vrai, à les regarder comme appartenant à cette formation (3); mais je n'en eus plus le moindre doute, lorsque plus tard, je

(1) Geognostische Beschrei beeng des Herzogthums *Nassau*. p. 519.

(2) Noeggerath's Gebirge in *Rheinland-Westphalen*, tome I, page 343.

(3) Noeggerath, loc. cit.

Digitized by Google

trouvai des bois de la même espèce dans les couches de lignite terreux et de bois bitumineux, aux environs de *Leimersdorf* dans la contrée de *l'Ahr*, située dans le district de la régence de *Coblentz* (1).

Tout récemment M. C.-G. Laspe, à *Gera*, m'a envoyé des pièces de bois silicifié présentant différents degrés de dureté et ayant la plus grande analogie avec celles du *Hoher-Seelbachs-Kopf* : elles sont en partie également blanches; il s'y trouve aussi des échantillons d'une couleur brune, faisant passage au bois bitumineux. M. Laspe a trouvé ce bois aux environs de *Kl. Aga* (Klein ou Kloster-Aga?) dans un sable à petits grains, par-dessus des couches de lignites.

Dans les environs de *Soissons*, on a trouvé également des bois silicifiés analogues dans la formation des lignites (2). Il est vraisemblable qu'on pourrait multiplier les exemples de cette espèce.

Ce qui appuie encore beaucoup mon opinion, c'est le bois bitumineux qui se rencontre dans le conglomérat basaltique de la colline voisine du *Hoher-Seelbachs-Kopf*. Ajoutez-y les éclats fins de lignites remarqués par M. le professeur Göppert dans les basaltes compactes de cette contrée, et le grès de lignites qui se trouve engagé dans ce conglomérat ainsi que dans les basaltes compactes du *Hoher-Seelbachs-Kopf*.

La colline de conglomérat basaltique, près du *Hoher-Seelbachs-Kopf*, peut être très-bien mise en parallèle avec le *Wolsberg*, situé non

(1) NOEGGERATH's Gebirge in *Rheinland-Westphalen*, tome III, page 287.

(2) Essai de géologie par FAUJAS DE SAINT-FOND, Paris, vol. I, p. 584.

loin de *Siegburg*, à deux lieues N.-E. de *Bonn*, sur la rive droite du *Rhin*. De même que le *Grimperichsberg*, situé presque immédiatement à son pied et le *Siegburgerberg* situé à quelque distance, elle consiste en amas de conglomérat basaltique. Ce conglomérat se désagrége très-facilement : il se compose de fragments de basalte plus ou moins grands qui, pour la plupart, ont l'aspect de scories, et sont agglutinés presque sans ciment, à moins qu'on ne veuille admettre qu'ils sont cimentés par les oxydes et les oxydes hydratés de fer et de manganèse qui se trouvent répandus partout entre les fragments, les recouvrent, les pénètrent et les colorent intérieurement et extérieurement. L'état scoriacé du conglomérat basaltique présente des points de ressemblance avec plusieurs brèches de rapilli. La stratification que l'on y remarque çà et là, surtout la circonstance que sur un point il s'y trouve encore du löss, pourrait amener à croire que ce conglomérat est contemporain des formations volcaniques les plus récentes où il y a eu, à proprement parler, des phénomènes d'éruption, si, d'un autre côté, il n'offrait pas de caractères d'une nature basaltique ordinaire. Comme la colline près du *Hoher-Seelbachs-Kopf*, ce conglomérat renferme en grande quantité des pièces blanches de bois silicifié. Souvent ces pièces de bois ne sont compactes et fossiles qu'à l'extérieur, tandis qu'intérieurement elles se montrent parfaitement fibreuses. Les fibres peuvent être très-facilement séparées les unes des autres; elles sont très-friables, quoiqu'elles soient pareillement silicifiées. Le bois présente alors le type le plus parfait de l'état que j'ai désigné par

Digitized by Google

le nom de xylopale fibreuse (1). Les pièces de bois pétrifié ressemblent fréquemment à des fragments ou à des bûches irrégulières.

Toutefois la rondeur des troncs et des branches y est encore souvent conservée. De plus, on remarque dans le conglomérat des cavités cylindriques, longues parfois de plusieurs pieds et d'un diamètre assez grand. Ce sont les empreintes de troncs et de branches d'arbres, d'où les fibres cassantes qui les remplissaient ont été emportées par les eaux qui se sont infiltrées. Les cavités d'un grand diamètre sont souvent revêtues de très-beaux cristaux aciculaires d'aragonite, réunis en petits groupes. Les vides de dimensions moins grandes sont quelquefois remplis tout à fait de masses d'aragonite. Il semble que des eaux minérales, lors de la formation du conglomérat des *collines de Siegburg*, ont principalement contribué à le cimenter. Cela posé, il serait facile d'expliquer l'origine de l'aragonite, qui du reste se trouve souvent à l'état cristallin entre les parties constituantes du conglomérat. Les pièces de bois et les troncs d'arbres n'y présentent pas l'anomalie locale du *Hoher-Seelbachs-Kopf*, c'est-à-dire, ils ne sont pas pour la plupart debout; au contraire, ils sont couchés pêle-mêle dans le conglomérat, dans toutes les directions imaginables, par rapport à leurs longueurs. J'y ai trouvé également des pièces de bois bitumineux, qui, généralement, étaient déjà tant soit peu silicifiés; une fois j'ai trouvé même de belles pièces de jayet.

Outre les bois de la formation des lignites, on

(1) Noeggerath's Gebirge in *Rheinland-Westphalen*, tome I, p. 342.

rencontre encore dans le conglomérat basaltique du *Wolsberg*, des mottes et des fragments ellipsoïdiques d'argile faisant pour la plupart avec l'eau une pâte plastique. Souvent aussi cette argile, devenue tout à fait dure, est crevassée ; elle ressemble alors aux concrétions de marne endurcie, et à la strontiane sulfatée de Montmartre à raison des prismes anguleux qui forment leur intérieur. On rencontre de plus dans le conglomérat en question le fer oxydé hydraté géodique de la formation des lignites, puis én assez grande abondance et presque partout des galets de quartz blanchâtres, rougeâtres ou bleuâtres. Ces quartz n'atteignent presque jamais la grosseur d'un pois et ne sont que très-rarement de la grosseur d'une noisette ; ils paraissent à peine avoir éprouvé quelque changement par l'action du feu. Fréquemment ils sont tellement enfoncés dans les masses basaltiques et scoriformes du conglomérat, que l'on voit distinctement que celles-ci ont dû se trouver dans un état pâteux, au moment où les quartz y ont été engagés.

Enfin, on trouve dans le conglomérat des fragments de gauwacke, souvent traversés par de petites veines de quartz, ce qui permet de les déterminer sans difficulté, quand bien même ils ont éprouvé différents changements.

Les trois collines situées près de *Siegburg*, le *Siegburgerberg*, le *Wolsberg* et le *Grimperichsberg*, qui sont formées presque entièrement d'un conglomérat basaltique, à travers lequel seulement des basaltes ordinaires se sont fait jour plus tard, avaient à percer, lors de leur soulèvement, la formation de lignites que l'on trouve dans leur proximité. Il n'est donc nullement sur-

Digitized by Google

prenant que les différents produits de cette formation aient pu se mêler aux masses volcaniques. Les fragments de la grauwacke ont été soulevés de la profondeur où est située cette roche de transition, c'est ce qui est prouvé par leur affleurement à la limite de la formation des lignites.

Cette opinion sur l'origine des collines de *Siegburg* s'accorde en général avec ce qui a été observé dans le conglomérat basaltique près du *Hoher-Seelbachs-Kopf*. Depuis plusieurs années je la professe dans mes cours, aussi est-elle déjà consignée dans un ouvrage (1).

Un de mes auditeurs les plus zélés, M. Schwanner, est occupé à faire une description géologique détaillée des *collines de Siegburg*. Il décrira plus amplement tout ce dont il est question dans le présent mémoire.

De plus, on peut à peine douter que le fait décrit par M. W. Haidinger et M. le comte G. de Sternberg dans un mémoire (2) « sur un gisement intéressant de spath calcaire dans un tuf basaltique de la contrée de *Schlackenwerth* en *Bohême*, » ne doive être rangé, pour ce qui concerne l'origine, dans la même catégorie que ce qui a été observé dans les collines, voisines du *Hoher-Seelbachs-Kopf* et de *Siegburg*. On y a trouvé, dans un tuf basaltique, une grande quantité de troncs d'arbres, de 2 à 7 pouces de diamètre : partie ils sont debout, partie ils ont une position oblique

(1) Voyez J.-G. Zehler, das Sielengebirge und seine Umgebungen. Crefeld, 1837, p. 73 et suiv.

(2) Voyez Poggendorff's Ann. der Physik; t. XLV, p. 179 et suiv., et Von Leonhard's und Brown's neues Jahrbuch für Mineralogie, Geognosie, etc. Jahrgang 1839, p. 330 et suiv.

Digitized by Google

ou même quelquefois horizontale. Intérieurement ils sont remplis d'un spath calcaire qui, pour ce qui concerne la forme extérieure, ressemble à l'aragonite. Dans quelques pièces on reconnaît encore les fibres du bois. Il y en a où l'on remarque des impressions de feuilles de végétaux dicotylédons.

M. le comte G. DE STERNBERG croit qu'il y a eu en cet endroit une forêt qui a été enveloppée par le tuf basaltique à l'état pâteux. C'est une opinion que je ne partage pas. Toutefois, je crois avec MM. DE STERNBERG et HAIDINGER, que l'aragonite s'est déposée à une température élevée dans les cavités du bois, lavées par des infiltrations d'eau : ce bois était peut-être pseudomorphosé en xylopale fibreuse, comme celui de *Siegburg*, ou changé en lignite, tandis que la transformation de l'aragonite en spath calcaire s'est opérée plus tard à une température peu élevée.

Le bois lui-même est provenu, selon toute vraisemblance, d'une formation de lignites préexistante et détruite par le tuf basaltique qui s'est soulevé de l'intérieur de la terre.

Le bois appelé « Sündfluth-Holz » (bois de déluge), qui se trouve dans la Butzenwacke de *Joachimsthal*, appartient également, par rapport à son origine, à la catégorie des exemples déja cités. D'après la description que M. WERNER nous a donnée le premier avec quelque exactitude de cette butzenwacke (1), elle n'est

---

(1) Von den Butzenwacken zu Joachemsthal, dans von TRELL's chem. Annalen, 1789, tome I, pages 131 et suiv. Voy. aussi : Neue Theorie von der Entstehung, der Gänge par A. G. Werner, Freib., 1791, p. 252 et suiv.

Parmi les écrits antérieurs il faut toujours consulter à

évidemment qu'un conglomérat basaltique ou un tuf basaltique qui s'est fait jour à travers le micaschiste. Sur quelques points, dit WERNER, elle n'est presque composée que d'argile; sur d'autres, au contraire, elle approche beaucoup du basalte, et contient alors en abondance des parties amygdaliformes de spath calcaire. « Ce qu'il y a de plus remarquable, » continue-t-il, « c'est qu'en outre de grands et de petits galets de toute espèce, qui s'y trouvent abondamment, elle renferme des troncs d'arbres pourvus de branches, de rameaux et de feuilles (1). Les galets consistent généralement en gneiss, en micaschiste et en porphyre; toutefois, j'y en ai trouvé également qui étaient formés de granite, de schiste argileux et de quartz. Les dimensions de ces masses varient d'une aune jusqu'à un pouce et même au delà. Les plus petites forment, dans quelques endroits, une espèce de poudingue. Les plus grandes se trouvent plus vers le bord ou à l'extérieur de la wake, tandis que les

---

ce sujet : FABER's Beiträge zu der Mineralgeschichte von Böhmen. Berlin, 1774, p. 69 et suiv.

(1) MATHESIUS, dans sa chronique de Joachimsthal (1571), est le premier qui fasse mention de ces troncs. Il dit qu'en 1557, le 7 février, on a trouvé dans la galerie dite Barbaraprülenstollen, à la profondeur de 150 lachters, un arbre changé en pierre, d'où l'on fait des pierres à aiguiser. Je fais remarquer à cette occasion, que dans les contrées du *Hoher-Seelbachs-Kopf* les troncs silicifiés sont aussi employés avec beaucoup d'avantage comme pierres à aiguiser. Si l'on envisage qu'on fait le même emploi du *Sündfluthkolz* de *Joachimsthal*, on serait tenté de croire que ce bois aussi est en partie silicifié. C'est ce qui néanmoins est contredit par ce qui va suivre. Quant à moi, je n'ai jamais vu d'échantillon de ce bois.

Digitized by Google

plus petites se trouvent plus vers le centre ou vers l'intérieur. Le bois qui y est engagé participe de la nature du bois pétrifié et de celle du bois bitumineux; car, en brûlant, il dégage une odeur bitumineuse, et il fait effervescence avec les acides. On trouve des troncs qui ont un pied de diamètre, et qui présentent encore distinctement les couches annuelles et les nœuds des branches (1). »

M. WERNER s'exprime sur le gisement de la Butzenwacke comme il suit : « Les Butzenwackes ont quelque analogie avec les filons, en ce qu'elles traversent également les couches de roches, qu'elles présentent une forme allongée et s'enfoncent perpendiculairement. Cependant leur puissance extraordinaire de 20 à 30 lachters et

---

(1) M. C. HAIDINGER (Bergbaukunde, 2 lav Band, Leipzig 1790, page 259; s'exprime de la même manière sur le bois appelé *Sündfluthkolz*, en disant : Quelques pièces, quoique pénétrées tellement de calcaire qu'elles font une vive effervescence avec les acides, brûlent cependant encore avec fumée et une odeur bitumineuse. A en juger par leur structure qui n'est point changée, on les prendrait avec beaucoup de vraisemblance pour du bois de hêtre (?) Les deux pièces que j'ai trouvées moi-même à *Joachimsthal*, et que j'ai données au Cabinet d'histoire naturelle de *Vienne*, ont des impressions distinctes de feuilles de hêtre (?) C'est ce qui prouve que ce sont des pièces de bois de hêtre.

PAULUS, dans son Orographie ou Mineralogisch Geographische Beschreilung des Joachimsthaler K. K. Bergamtsdistricts, Jena, 1820, ouvrage dans lequel il est parlé plus d'une fois de la Butzenwacke, dit, page 237, que l'arbre découvert en 1557, a eu une couleur très-noire, et qu'il s'y est trouvé des veines de spath calcaire transversalement aux couches annuelles. La Butzenwacke contient généralement beaucoup de calcaire, ce qui doit être attribué à des infiltrations postérieures.

Digitized by Google

au delà, et leur longueur peu considérable par rapport à la puissance, qui diminue sensiblement de haut en bas, de sorte qu'elles présentent à peu près la forme d'un cône retourné ou plutôt celle d'un coin, sont des caractères qui les distinguent suffisamment des filons et qui, dans les contrées où elles se rencontrent, leur ont valu le nom de Butzen. »

Outre les célèbres filons de minerais d'argent et de cobalte, on trouve encore à Joachimsthal des filons de porphyre à côté des masses basaltiques ou des Butzenwackes dont il vient d'être question. M. Meier (1) a fait des recherches exactes sur les rapports géologiques de ces différents filons. Il résulte de leurs relations entre eux que les filons de porphyre ne sauraient être d'un âge bien antérieur à celui des filons métalliques, qui ont une direction septentrionale.

Les filons de basalte ou de wackes, dénomination sous laquelle M. Ellecer comprend évidemment la Butzenwacke de M. Werner, accompagnent tantôt les filons de minerais et en sont traversés, et tantôt les filons basaltiques traversent les filons métalliques.

M. Meier en tire la conclusion suivante qui est très-exacte : « Les filons de minerais de *Joachimsthal* ont été formés partie avant, partie après ceux de basalte dans la période de la formation basaltique. » Il regarde surtout comme une preuve de l'âge peu ancien des filons

(1) Voyez ses geognostische, Untersuchungen zur Bestimung des Alters und der Biedungoart der Silber-und Kobalt-Gange im Erzgebirge. Prag. 1830. La description de M. Meier est donnée presque en entier dans le Traité de géognosie d'Amédée Burat; tome III, Paris, 1835.

Digitized by Google

de wackes à *Joachimsthal*, les dicotylédons fossiles, le *Sündfluthholz*, qui se rencontrent dans la *Butzenwacke*. « En outre, ajoute-t-il, on voit s'élever au-dessus de la surface des dépôts de minerais des collines basaltiques riches en péridot granuliforme, telles que le *Spitz-Hübel*, le *Jugelstein* et le rocher de phonolithe dans la *Pharwiese*, etc. De plus, ces collines se rattachent au grand terrain basaltique qui, à la limite des districts d'*Ellbogen* et de *Saag*, s'étend en partie sur le greensand et la craie marneuse, et qui, près de *Binnow*, repose sur les lignites. De toutes ces circonstances on tire la conclusion très-vraisemblable que les filons de wackes de *Joachimsthal*, quoique d'un âge différent, appartiennent néanmoins à la grande formation basaltique tertiaire, si puissante dans le nord de la Bohême, et que par suite les filons métalliques de *Joachimsthal* ont été formés lors de cette dernière grande révolution terrestre.

Il est probable que dans l'*Erzgebirge* de la Saxe et de la *Bohême* plusieurs autres des wackes qui se rencontrent assez fréquemment à côté des filons métalliques, contiennent du bois bitumineux ou pétrifié. M. Naumann (1), en parlant du Bärenstein basaltique près d'*Annaberg* et des puissants filons de wackes qui s'élèvent dans le voisinage et que l'exploitation des mines a fait connaître, dit entre autres, d'après les observations de MM. Fischer et Hoffmann : « C'est ainsi qu'à

(1) Voyez ses Erläuterungen zu der geognostischen Charte des Konigsreichs Sachsen. Zweites Heft. Dresden und Leipzig, 1838, pag. 482 et suiv.

Digitized by Google

Weipert on a entamé avec la galerie de *Clementi* un filon de wackes d'une puissance inconnue, et courant verticalement dans une direction de 11,4 heures (d'après la boussole des mineurs allemands); avec la même galerie, on a trouvé à la distance de 310 lachters S. du puits de *Judas-Faddaus*, un filon de wackes d'une puissance de 10 lachters, lequel est incliné de 80° vers l'O., tandis que les couches des roches encaissantes ont une inclinaison de 25° vers le N.-E. Cette wacke est composée presque entièrement de segments sphériques. Cependant il n'est pas rare d'y trouver des boules d'un beau basalte compacte dont le diamètre varie d'un pouce à une aune, et qui renferment des cristaux de pyroxène. Ce qu'il y a encore de plus remarquable, c'est le bois trouvé antérieurement dans la même wacke. Il était, à ce qu'on rapporte, en partie pétrifié, en partie carbonisé, et consistait en une petite pièce de tronc pourvue de quelques branches. »

Dans une note, M. Naumann ajoute ce qu'en 1821, M. Schmeidel, qui a vu lui-même le bois, a dit à ce sujet: « Le filon de wackes fut passé à la distance de 294 lachters S. du second puits de de la galerie de *Clementi*; il a une puissance de 10 lachters et quatre pieds, il court dans une direction de 0,1 heure, est incliné de 70° à 80° vers l'E. (tandis que les couches des roches sont presque horizontales), et se croise avec le filon de la galerie. A la distance de 2 lachters du point où l'on avait pénétré dans la wacke, on trouva une géode de quartz et de spath calcaire haute de deux toises, longue de quatre pieds, et large de 2 1/2

pieds. Trois lachters plus loin, à la profondeur de 35 lachters du jour, on rencontra un morceau de bois pétrifié terminé en pointe, long de 2 aunes, large de 4 pouces, et intimement enveloppé par la wacke. » M. SCHMEIDEL a trouvé parmi les déblais de la mine de petits éclats d'un bois qui réellement n'était pas pétrifié, mais qui était plutôt bitumineux.

Dans le voisinage du filon de minerai de cuivre, aux environs du *Pirneberg* près *Rheinbreitbach*, on a trouvé également dans la grauwacke avec la galerie la plus profonde à 50 lachters du jour, des masses de conglomérat basaltique; dans un puits, on en a trouvé également à la profondeur de 12 lachters.

Ces masses irrégulières, à ce que je crois, appartiennent aussi à des filons. Elles consistent en partie en basalte compacte, en partie en roches basaltiques décomposées. Les deux roches renferment du bois bitumineux, mais en parties peu considérables, et seulement à la profondeur de 12 à 18 lachters du puits d'extraction. Ce bois bitumineux est intimement pénétré de fer sulfuré (1). »

(1) Voyez sur ce gisement les observations de M. L. BLEIBTREU dans le Faschenbuch zur Bereisung des Siebengebirges, par FERD. WURZER. Köln, 1805. Pages 76 et suiv. Antérieurement, lorsqu'on faisait l'exploitation dans les puits, je me suis assuré moi-même de l'existence du bois bitumineux dans ces roches qui sont analogues aux Butzenwackes de la Bohême. A présent on a recommencé les travaux dans la galerie principale; les roches volcaniques ont de nouveau été mises à découvert. Je n'ai pas encor eu l'occasion de les examiner moi-même : néanmoins, pour ce qui concerne le gisement basaltique, je puis communiquer

Digitized by Google

Des phénomènes analogues se sont montrés dans la mine de plomb nommée *Johannès-Segen*, non loin de la *Löwenburg* dans le *Siebengebirge*, laquelle est maintenant abandonnée. Pendant qu'elle était encore en activité, je l'ai visitée, il y a plusieurs années, de sorte que j'ai vu moi-même

---

les observations extraites d'un procès-verbal officiel fait en 1836, par M. Erbreich, ingénieur des mines, après qu'on avait rouvert la galerie.

On a passé avec la galerie trois filons. Le premier est mis à nu à 215, le second à 440 et le troisième à 465 lachters à partir de l'ouverture de la galerie. Les deux premiers ont une puissance de 7 1/2 à 8 lachters. Le premier semble devenir moins large en descendant; du moins les parois de la galerie montrent que les limites des roches encaissantes se rapprochent dans la partie inférieure.

Sur la hauteur du dos de la montagne, au-dessus de la ligne de la galerie, on n'a pas trouvé l'affleurement de ces filons basaltiques; cependant au penchant méridional de la vallée du *Pirneberg*, les deux premiers se montrent au jour. Dans la galerie, le conglomérat basaltique se montre dans un état de décomposition plus ou moins parfaite aux points où il est en contact avec la grauwacke schisteuse (Grauwackenschiefer) qui le traverse. Quant à cette dernière roche, elle n'est ni altérée, ni essentiellement modifiée dans sa stratification. Quelquefois seulement le conglomérat basaltique a pénétré tant soit peu entre les fissures de la stratification, sans néanmoins modifier considérablement la stratification elle-même. La masse principale qui remplit les filons est un tuf basaltique dans lequel sont renfermés les basaltes compactes en parties plus ou moins considérables. Les masses basaltiques sont d'une texture testacée sphéroïdale et concentrique; elles passent au tuf. Les basaltes ainsi que leur tuf contiennent de l'amphibole (pyroxène?) du mica, du fer oxydulé et une très-grande quantité de feldspath vitreux d'une grosseur qui va jusqu'à une demi-ligne. Outre le basalte le tuf renfermait encore, mais rarement, des pièces trachytiques sem-

Digitized by Google

ce qui va suivre. « Le filon de cette localité qui est rempli de quartz et de plomb sulfuré, était tout à fait coupé par un filon de basalte d'une puissance extraordinaire qui contenait des fragments de grauwacke. Mais on a retrouvé le filon presque dans sa direction générale, après qu'on avait poussé la galerie à une distance de 30 lach-

---

blables à la ponce, ainsi que d'autres fragments tantôt de la même couleur que le tuf, tantôt colorés en un rouge de brique, et qui semblent être des argiles et des roches schisteuses modifiées. On voit passer dans le tuf des veines de spath calcaire qui cependant ne traversent pas les basaltes compactes. Dans la formation conglomératique de cette nature se trouvent isolément des masses irrégulières, longues d'environ 1/2 lachter et distinguées tant par un bord ferrugineux que par leur couleur généralement claire. Ces masses ne renferment que peu d'un ciment tufacé, mais beaucoup de fragments de grauwacke schisteuse faiblement cimentés. Dans le conglomérat basaltique ordinaire il se rencontre aussi des fragments de Grauwacke schisteuse (Grauwackens schiefer), longs d'environ un pied sur autant de large; ils sont bien conservés, sauf qu'ils ont parfois une croûte ferrugineuse. Ce qu'il y a de plus remarquable, c'est que dans le même conglomérat l'on voit des masses trachytiques irrégulières très-grandes, en partie tellement volumineuses, qu'elles pénètrent en même temps dans le toit et dans le mur de la galerie, de sorte qu'elles ne sont pas même encore mises complétement à nu en haut et en bas. C'est une roche feldspathique dans laquelle on remarque beaucoup de petits fragments de cristaux de feldspath vitreux. Elle est çà et là d'une couleur plus ou moins claire, et présente également une nature conglomératique, de sorte que M. Erbreich la compare aux conglomérats trachytiques du *Siebengebirge*. Les masses passent à une roche peu cohérente, conchoïde, terreuse, qui les enveloppe d'une couche épaisse de 3 à 4 pouces, et qui, à ses limites extrêmes, est séparée du conglomérat basaltique ambiant par une croûte ferrugineuse et friable.

Digitized by Google

ters dans cette roche volcanique. Dans ce basalte il se trouve du bois bitumineux (1). »

M. Jordan (2) aussi fait mention de ce filon basaltique, sans dire néanmoins qu'il s'y trouve du bois bitumineux. Il désigne par le nom de couche le filon de plomb sulfuré qui en est traversé, regardant très-souvent comme couches beaucoup de filons situés dans d'autres endroits et bien caractérisés. Selon lui, on ne peut remarquer nulle part d'altération aux roches et au plomb sulfuré, pas même sur les points où ils sont en contact avec le basalte. C'est ce qui s'accorde également avec les observations que j'ai faites antérieurement dans la même localité. M. Jordan a signalé dans le filon basaltique en question des roches modifiées qu'il compare au grünstein basaltique (dolérite). Elles sont aussi, selon lui, mélangées de mica. Il me semble qu'elles participent plutôt de la nature des wackes. Il dit qu'elles contiennent des morceaux de mica schiste.

Si l'on prend en considération que dans le *Siebengebirge* et aux environs on trouve, en différents points, des lignites et du bois bitumineux, et que la formation des lignites y est reconnue

---

Au sujet des débris végétaux dans le conglomérat basaltique, M. Erbreich fait les remarques suivantes. « Parmi les débris inorganiques l'on voit assez souvent, à une profondeur de 18 lachters, des débris végétaux, des tiges d'un bois carbonisé semblable au bois bitumineux et transformé quelquefois en jayet.

(1) Voyez Wurzer, l. cit., page 156 et suiv.

(2) Voyez mineralogische und berg-und hüttenmännische Reisebemer-Kungen. Göttingen, 1803, p. 222 et suiv.

Digitized by Google

antérieure aux éruptions basaltiques, partout où l'on peut distinguer des rapports entre ces deux roches, on pourra également s'expliquer le gisement de bois bitumineux dans les filons basaltiques de cette contrée.

Déjà M. Keferstein (1) a parlé en faveur de mon opinion, en s'exprimant en ces termes : « Il y a tant de raisons qui autorisent à admettre le soulèvement du basalte; il faut donc qu'il y ait eu une force qui l'a rendu possible et qui a frayé au basalte un passage à travers les roches. En admettant que la masse se soit soulevée assez haut, il a fallu qu'il y eût au moins une fente dans les roches situées à la surface. De là il est arrivé que des fragments de roches, même des arbres qui végétaient à cette place, ou *des bois bitumineux qui gisaient au même endroit*, sont tombés dans cette fente. La plus grande partie, il est vrai, fut de nouveau rejetée par la masse qui faisait éruption; une autre cependant pénétra jusqu'à une certaine profondeur dans la masse pâteuse; c'est pourquoi nous trouvons ces bois surtout vers la partie supérieure. C'est ce qui est effectivement confirmé par l'expérience, puisque, près de *Rheinbreitbach*, on ne les rencontre que jusqu'à la profondeur de 18 lachters : près de *Joachimsthal* on les trouve jusqu'à celle de 180 pieds (2). La profondeur est ici bien plus considé-

(1) Voyez ses Geognostische Bemerkungen über die basaltischen Gebilde des westlichen Deutschlands. Halle, 1820, page 111 et suiv.

(2) Non pas 180 pieds, mais 180 lachters. Voyez plus haut.

Digitized by Google

rable, attendn que la fente a été extrêmement large. Bien que la masse basaltique soulevée ait eu une température très-élevée, cependant les végétaux qui y ont été engagés n'ont pas été brûlés en partie faute d'air atmosphérique, en partie à cause de la grande pression à laquelle ils se seront trouvés bientôt soumis. »

Digitized by Google

NOTICE

Sur les rapports de position du granite et du quadersandstein en Saxe et en Bohême.

Extrait des *Geognostische Wanderungen* de M. BERNHARD COTTA, par M. A. DAUBRÉE, Ingénieur des mines.

La relation que le granite et le terrain crétacé présentent vers leur séparation dans différents lieux de la Saxe, principalement entre Meissen et Zittau, a été depuis plusieurs années le sujet de beaucoup de recherches géognostiques, et l'étude de ce phénomène a justement excité un intérêt général. En effet, on voit dans certaines parties le granite, ou à son défaut, la siénite reposer sur le terrain crétacé; et entre ces deux sortes de formations, il se trouve quelquefois des couches calcaires, marneuses et sableuses avec des fossiles qui caractérisent le terrain jurassique.

Devait-on regarder le granite et la siénite comme ayant pris leur position actuelle avant le dépôt du pläner et du quadersandstein (1), ou postérieurement à cette époque? Telle était la question capitale à résoudre. Il était important aussi d'éclaircir de quelle manière s'était faite cette étrange superposition, et comment le calcaire du Jura se trouvait ainsi intercalé au-dessus du terrain crétacé et au-dessous du granite.

Depuis que M. le professeur Weiss a fixé l'attention sur un fait si remarquable, ces localités

(1) Les assises du pläner-kalk et du quadersandstein appartiennent au terrain crétacé, et paraissent correspondre à l'étage du grès vert. Le pläner représente le gault de l'Angleterre, selon M. Naumann.

Digitized by Google

ont été soigneusement examinées par différents géologues; mais aucune preuve bien concluante n'avait été apportée à l'appui de l'une des hypothèques principales qui étaient en présence, lorsqu'en 1835 une réunion de géologues résolut d'éclaircir la nature de cette relation, au moyen de fouilles. Une souscription faite, dans ce but, s'éleva à 350 thalers, et cette somme fut mise à la disposition de M. Bernhard Cotta. La contrée de Hohnstein, près Meissen, se prêtait très-heureusement à des recherches exactes, parce qu'elle est sillonnée par de profondes déchirures, et que certains points très-voisins l'un de l'autre se trouvent en même temps à des hauteurs très-différentes.

Je me bornerai à présenter brièvement le résultat des observations de M. Cotta, en indiquant en outre, comme il l'a fait dans son mémoire, les autres localités dont la dislocation est évidemment en rapport avec celle de Hohnstein.

Environs d'Oberau.

C'est près d'*Oberau* que semble se trouver la limite occidentale de ce dérangement; car dans le tunnel du chemin de fer de Dresde à Leipzig, le pläner repose sur le gneiss et le granite dont il renferme, à sa partie inférieure, un grand nombre de fragments arrondis, mais à l'est de ce village, on voit le granite clairement superposé au pläner, comme le représente la *fig.* 2, *Pl. VII.*

Environs de Weinböhla.

La carrière près de Weinbohla (*fig.* 3) a été très-souvent décrite; le siénite, traversée de nombreux filons granitiques, recouvre le pläner que l'on y exploite.

Nieder-Warta.

A *Nieder-Warta*, entre Dresde et Meissen, les couches s'inclinent, en s'approchant du granite, de 30° à 75°; cette variation a lieu dans un espace

Digitized by Google

d'une centaine de mètres; un peu à l'ouest de Nieder-Warta, les couches, qui sont redressées à 45° près du granite, sont extrêmement fendillées.

Au *Letzten-Heller*, on observe encore des dérangements de stratification du même genre.

A *Dittersbach*, on commence à rencontrer les faces polies du glissement que l'on retrouve ensuite constamment dans le quadersandstein, depuis cette localité jusqu'au delà de Zittau, à sa partie nord seulement. Dittersbach.

Les environs de Hohnstein ont été explorés au moyen de huit excavations. Voici les plus remarquables des coupes que l'on y a mises à découvert : Environs de Honhstein.

Fouille n° 1 à Wartenberg.

— La face de séparation du granite et du grès plonge de 25° au N.-E. Au-dessous on trouve :

1). Une argile bleue de 1 ou 2 pieds d'épaisseur renfermant des fragments de grès.

2). Une argile rouge de 1 ou 2 pieds d'épaisseur, ou des fragments abondants de grès très-fendillé.

3). Grès ferrugineux, jaunâtre, à grains fins, avec des faces de frottement polies.

4). Il passe un conglomérat qui consiste en une masse de grès renfermant beaucoup de fer oxydé, argileux, ou de quartz, quelques morceaux de calcaire et de gros fragments granitiques de la grosseur de la tête; on a aussi trouvé dans le conglomérat des débris de l'*ammonites polygyratus* et du *goverianus* qui appartient à la formation jurassique, malheureusement on ne peut atteindre ici le quadersandstein en stratification régulière.

Digitized by Google

La fouille n° 2 à Wartenberg, représentée *fig.* 4, a mis à découvert une coupe semblable; seulement les altérations du conglomérat et du grès se séparent d'une manière un peu plus tranchée.

Mine de calcaire. On y a probablement d'abord exploité le calcaire à ciel ouvert; mais plus tard, on est allé le chercher au moyen d'une galerie. L'ensemble de ces couches calcaires remplit une sorte d'enfoncement que présente la paroi granitique.

Au-dessous du granite on trouve dans la mine les couches suivantes :

1). La couche, dite *couche rouge*, qui est formée d'argile rouge, blanche et jaune, sur une épaisseur de 40 à 60 pieds; elle plonge de 30 à 40° vers le granite.

2). La *couche noire*, formée d'argile bitumineuse, renferme souvent une sorte de jayet et de nombreux fossiles; elle a de 2 à 24 pieds de puissance.

3). Marne avec des morceaux de calcaire; épaisseur de 2 à 28 pieds.

4). Calcaire d'un gris bleuâtre foncé, qui d'après M. Törmer, est magnésien; cette couche, formée de masses peu adhérentes, a une épaisseur de 2 à 32 pieds.

5). Grès avec des morceaux calcaires disséminés.

Si l'exploitation se prolongeait plus loin dans la même direction, on rencontrerait le quadersandstein en couches horizontales, comme il se voit dans des escarpements situés à quelques centaines de mètres de la mine. La couche rouge

Digitized by Google

la couche noire et le banc de grès correspondent aux roches 1, 2, 3, 4 indiquées à Wartenberg.

Ce qu'il y a de plus remarquable dans les couches qui reposent transgressivement sur le quadersandstein et au-dessous du granite (voyez *fig.* 1), c'est que l'ensemble des fossiles renfermés dans ces couches paraît appartenir à la formation jurassique; il est au moins certain qu'ils ne peuvent être rapportés ni au quadersandstein, ni au pläner. La liste des espèces qui, pour la plupart, ont été déterminées par M. le professeur Reich, est trop longue pour que je le transcrive ici. En laissant de côté toutes celles dont la détermination n'est pas sûre, dont l'époque n'est pas bien tranchée, il faut au moins remarquer les suivantes: *Asterias jurensis*, *Spatangus carinatus*, *Pholadomya clathrata*, *Lyrodon clavellatum*, *Pinna granulata*, *Lima duplicata*, *Gryphœa gigantea*, *Terebratula vicinalis*, *T. inconstans*, *Aptychus lævis*, *Belemnites canaliculatus*, *Ammonytes polyplocus*, *A. polygyratus* et *A. biarmatus*. Toutes ces espèces caractérisent la formation du Jura, tandis que parmi les autres qui ne sont pas citées, il n'en est pas qui soit absolument propre à la craie. Ainsi il ne doit pas rester de doute sur l'âge de ce lambeau de terrain, et il n'est pas possible d'expliquer cet état de choses autrement que par un renversement. La manière dont les fossiles sont répartis dans ces couches confirme dans cette idée que leur ordre de superposition est renversé; car le banc de grès se rapproche du quadersandstein par les caractères de ses fossiles et par sa nature minéralogique, tandis que le calcaire

noir qui est au-dessus, et principalement la couche noire, renferme beaucoup plus de fossiles propres à la formation jurassique.

En s'avançant vers le sud-est, on rencontre encore à la séparation du granite et du grès des dérangements assez analogues aux précédents. Dans une forêt au S.-E. de Hohnstein, on observe de tels rapports dans trois excavations de recherche qui ont été pratiquées entre cette ville et l'endroit appelé le *Tief-Grund*. La coupe (*fig.* 4) représente une de ces sections.

Tief-Grund. Depuis le *Tief-Grund*, la séparation court à travers toutes les vallées escarpées de la Suisse saxonne, soit en ligne droite, soit en faisant de légères inflexions.

Saupsdorf. Près *Saupsdorf*, il paraît y avoir entre le granite et le grès, une couche de calcaire que M. Gumprecht a décrite, et qui peut-être a de l'analogie avec celle observée près de Hohnstein; mais on ne possède pas encore de fossiles pour faire cette comparaison.

Hinterhermsdorf. Dans la contrée de *Hinterhermsdorf*, le gouvernement saxon a fait faire en 1834 des fouilles pour extraire entre le granite et le grès, du calcaire qui fût propre aux constructions. Dans les 18 puits que l'on a creusés on a toujours trouvé le granite recouvrant le grès.

Maskenberg. A *Maskenberg* près *Daubitz*, en Bohême, on exploite, à la séparation du granite et du grès, des couches de calcaire et de marne qui sont presque verticales; mais comme le calcaire est traversé par du basalte, il peut se faire qu'il ait été redressé par l'action de cette dernière roche, quoique d'après les autres phéno-

Digitized by Google

mènes analogues, il soit plus probable d'attribuer cet effet au déplacement du granite.

Walteradof.

Près *Waltersdorf*, au pied de la Lausche, on observe, outre le granite et le grès, une petite masse basaltique.

Vallée d'Oybin.

Dans la vallée d'*Oybin* (*fig*. 6), les pentes rocailleuses des monts Tœpfer et Ameisen sont formées de grès, dont les couches plongent de 10 ou 15° au sud, c'est-à-dire du côté opposé où le granite vient se montrer dans le large bassin de Zittau. Du reste, la disposition des roches de la vallée d'Oybin ressemble, mais sur une échelle incomparablement moindre, à ce que l'on observe entre *Spittelgrund et Freudenthal en Bohême*.

De Spittelgrund, à Freudenthal.

Le granite, près Spittelgrund, non loin de Grottau, n'est pas immédiatement en contact avec le grès, mais il en est séparé par des bancs épais, composés de gneiss et de schistes argileux; aussi les caractères de jonction ne sont-ils pas les mêmes que dans les localités citées plus haut. Une sorte de mur, formé par un redressement du grès, se prolonge sur les hautes montagnes, comme dans les parties basses. Les couches de conglomérats qui alternent avec les bancs de grès, sont inclinées de la manière suivante :

Entre Spittelgrund et Pass, de 75° (*fig*. 7);
A l'est de Pass, 85°;
Encore plus à l'est, 75°;
Dans les carrières de Pankratz, 45°;

Dans cette dernière localité on trouve beaucoup de fossiles, tels que le *Nucleolites testudinarius*, l'*Exogyra colymba*, et un *pecten* très-fortement cannelé, de forme assez variable, qui

Digitized by Google

n'a pas encore été déterminé. Ces coquilles correspondent presque toutes à la division inférieure du quadersandstein. Les couches redressées près de Liebenau renferment les mêmes fossiles, et en outre l'*Ostrea carinata* qui caractérise tout à fait cette partie inférieure. Cependant les couches voisines du granite occupent à peu près le point le plus élevé de la formation dans la contrée, elles ne peuvent donc avoir été amené dans leur position verticale actuelle que par un soulèvement.

Le redressement des couches de grès ne s'étend guère que sur une courte distance; à $\frac{1}{3}$ de mille au sud, on n'en trouve que de faibles traces.

Environs de Liebenau.

Près de *Liebenau* les couches de grès sont redressées jusqu'à 40 ou 45°; là on trouve entre le granite et le grès, non-seulement le schiste argileux, mais aussi le mélaphyre et le porphyre, et peut-être le todtliegendes se trouve à une certaine profondeur.

Liebenau est à une distance de 17 milles géophiques de Oberau près Meissen, cependant il ne semble pas le point extrême de ce grand accident; car près de Glatz, on observe cette ligne de séparation qui après des courbures et des interruptions reprend sa première direction.

Environs de Glatz.

Au S.-E. de Rotheberg près Glatz, d'après MM. de Zobel et Carnall, le granite qui fait saillie au milieu du porphyre est entouré de couches de grès rouge redressées verticalement et aussi du conglomérat de quadersandstein avec des couches de calcaire et de marne (Karsten's Arch., 1831, IV, 196). Le Rotheberg près Glatz, est à environ 16 milles de Liebenau, à 33 milles de Oberau.

Digitized by Google

Le redressement des couches près Glatz, sans être sur la même ligne que celui de Meissen, Zittau et Liebenau, a au moins la même direction que celui-ci, et si, comme il est vraisemblable, ces effets résultent d'une action unique, on a là un des exemples les plus frappants d'accidents géologiques disposés en ligne droite.

Résumé et conséquences de ce qui précède.

La ligne de séparation du granite et du grès, dans les environs de Hohnstein, a une forme assez sinueuse qui est en rapport avec le relief du sol, et on peut déduire, à l'aide d'une représentation topographique exacte de la contrée, l'inclinaison de la face de contact, dans ses différents points, de l'examen de cette courbe; si on suppose la sursurface de jonction plane, on trouve pour son inclinaison une valeur de 17°, tandis que la moyenne de quatre observations directes est de 28°; les deux résultats ne s'accordent pas tout à fait, ce qui peut tenir à ce que la face n'est pas plane; mais ils montrent au moins avec évidence le fait que le granite surplombe considérablement au-dessus du grès. Si donc on ne se représente pas le grès comme antérieur, il faut admettre, d'après les valeurs numériques qui viennent d'être citées, que le granite formait une vaste corniche ayant au moins 930 pieds de saillie, au-dessous de laquelle on aurait pu bâtir, par exemple, toute la ville de Hohnstein. Or, il est au moins aussi hasardé de dire que le granite a existé isolément sous cette forme, qu'il serait dangereux de se placer sous un tel abri, la roche étant fissurée en tous sens.

Le granite forme une saillie considérable au-dessus du grès.

Digitized by Google

Cette superposition est l'effet d'un soulèvement.

Ainsi on peut déduire avec certitude, d'après cette seule considération, que le grès n'a pas été déposé au-dessous du granite, mais que le granite est venu plus tard se placer au-dessus du grès, et la supposition d'un soulèvement violent est bien confirmée par la série de relations anormales que l'on observe; telles sont les superpositions, près Oberau, à Weinböhla et Saupsdorf; les redressements de couches près Nieder-Wartha, près Letzten-Heller, près Hohnstein, Hinterhermsdorf, Daubitz Spittelgrund, Pass, Pankratz, Liebenau, et Glatz; les surfaces polies du glissement observées sur toute la limite, et enfin, l'intercalation des parties jurassiques en dessus du quadersandstein et au-dessous du granite, qui est le plus remarquable de ces faits. Il est d'ailleurs difficile, dans toute autre hypothèse que celle d'un surgissement postérieur du granite, de rendre compte de la coupure brusque du grès à sa rencontre avec le granite, comme cela a lieu près de Zittau (*fig.* 6).

Direction de cet accident.

La direction évidente de tous ces phénomènes suivant une longue ligne allant de l'O.-N.-O. à l'E.-S.-E., concorde très-bien avec la direction de la chaîne des Sudètes; cette direction se remarque encore dans de puissants filons quartzeux de plusieurs milles de longueur, qui traversent le granite, et au delà, près Gorlitz, suivant la limite de la grauwacke. Par son âge et par sa direction, tout le soulèvement paraît devoir être rapporté au système des Pyrénées, et la théorie de M. Élie de Beaumont trouve une nouvelle confirmation dans ces effets linéaires dus à des forces plutoniques.

La séparation du granite et du grès, quoique possédant une même direction générale, présente

Digitized by Google

cependant quelques crochets et sinuosités remarquables, comme entre Pillnitz et Hohnstein, près Sternberg, et près Spittellgrund en Bohême.

Il faut remarquer, comme quelque chose de particulier à cette séparation, que lorsque le granite est séparé du grès par des assises puissantes de schiste, il paraît avoir produit des redressements de couches, tandis que lors d'un contact immédiat il s'est superposé au grès en déterminant çà et là l'intercalation anormale de parties calcaires; c'est dans les points où la séparation est à peu près verticale, que les couches sont le moins disloquées. Les nombreuses éruptions de basalte et de phonolite ont aussi amené des dérangements dans les couches de grès qu'elles traversent.

Lors du surgissement le granite était à l'état solide.

Il reste encore à déterminer à quel état le granite a été ainsi superposé au terrain crétacé. L'examen des parties voisines de la séparation montre qu'il ne pouvait être qu'à l'état solide; car nulle part il ne se trouve des filons ou des ramifications du granite dans le grès ou le pläner, nulle part on ne rencontre des morceaux de ces dernières roches dans le granite, jamais enfin on n'aperçoit des parties fendues ou manifestant d'autres effets de la chaleur. Au sud de la ligne de séparation, le même grès n'a pas subi de dérangement dans sa position, et il repose sur le prolongement du granite et de la siénite, dont il a été plus haut question, comme cela se voit à Tetschen, Dohna, Plauen, dans la galerie de l'Elbe, etc.

Il faut donc conclure, d'après ce qui précède, que le granite et la siénite, qui originairement supportaient la craie et des couches jurassiques, ont été soulevés sur une étendue considérable en

Digitized by Google

longueur, et que çà et là, les premières roches ont été poussées sur le grès et le pläner, en emportant quelquefois des couches jurassiques, comme à Hohnstein; pendant que tout ce qui était déposé au sud de la ligne du soulèvement s'est maintenu dans sa première position relative.

Digitized by Google

NOTICE

Sur un nouvel hydromètre propre à jauger l'eau consommée par les chaudières à vapeur.

Par M. BOISSE.

L'hydromètre, qui fait le sujet de cette notice, est destiné à régulariser l'alimentation des chaudières à vapeur, et à jauger l'eau fournie par la pompe alimentaire.

Il y a trois parties distinctes à considérer dans cet instrument, savoir :

1° Le cylindre jaugeur;

2° Le mécanisme destiné à régler l'entrée et la sortie de l'eau;

3° Un compteur à cadran, à l'aide duquel on peut, par la seule inspection du cadran indicateur, connaître le nombre de coups de piston donnés, et par suite l'eau dépensée, dans un temps déterminé.

Je vais examiner d'abord successivement chacune de ces parties, et je terminerai par quelques détails sur les dispositions d'ensemble et sur l'emploi de l'hydromètre.

§ I. *Cylindre jaugeur.*

Le cylindre C (*Pl. VIII, fig.* A), qui forme le corps principal de l'appareil, communique d'une part, avec la pompe alimentaire, par le tuyau T, de l'autre, avec la chaudière, par le tuyau T'. Un piston P, glissant à frottement dans le cylindre, reçoit sur chacune de ses faces, alternativement,

Digitized by Google

l'eau fournie par la pompe alimentaire, et refoule à chaque coup, dans la chaudière, un volume d'eau égal à la capacité de la portion du cylindre qu'il parcourt.

Les tuyaux T T' sont mis en communication, tour à tour, avec la partie supérieure et avec la partie inférieure du cylindre, au moyen d'un jeu de robinets, R, R'.

Ces robinets doivent être disposés de manière que lorsque T' communique avec le dessus du piston, T communique avec le dessous, et réciproquement. Comme, d'ailleurs, la course du piston doit avoir des limites très-précises, afin que l'on puisse calculer avec exactitude la quantité d'eau dépensée par chaque coup, il faut que le mécanisme destiné à faire mouvoir les robinets R R' soit mis en jeu avec promptitude et précision, au moment même où le piston arrive à une des extrémités de sa course.

Un système d'encliquetage, auquel le choc du piston lui-même imprimerait le mouvement de détente, m'a paru offrir le moyen le plus simple et le plus efficace de remplir ces conditions.

§ II. *Mécanisme propre à régulariser le jeu des robinets d'introduction et de sortie de l'eau.*

Les dispositions que l'on peut adopter pour imprimer aux robinets un mouvement subit, au moment où le piston arrive à la limite de sa course, sont fort variées : je me contenterai de faire connaître celles que j'ai employées de préférence comme les plus simples. Dans la description qui va suivre, le cylindre est supposé horizontal; mais le même mécanisme pourrait, comme nous le verrons plus bas, s'adapter, avec

Digitized by Google

de très-légères modifications, à un cylindre vertical.

Les leviers $l\,l'$ (*Pl. VIII*, *fig.* B) sont fixés aux clefs des robinets R R'. Les extrémités de ces leviers sont liées par des tiges $t\,t'$, qui les rendent solidaires, de sorte que si l'un des deux exécute un mouvement, l'autre doit l'exécuter aussi, au même instant et dans le même sens. Les bras $a\,a'$ des leviers coudés $ab\;a'b'$ portent sur une saillie $s\,s'$ des tiges $t\,t'$. Ces bras $a\,a'$ sont d'ailleurs chargés à leur extrémité de poids $\pi\,\pi'$, lesquels, réagissant sur les tiges $t\,t'$, tendent à entraîner ces tiges, et par suite à faire tourner les robinets en sens inverse ; de sorte que si l'on soulève l'un de ces poids, l'autre, ne se trouvant plus équilibré, devra certainement entraîner le mouvement des robinets. Or, pour soulever alternativement chacun des poids $\pi\,\pi'$, on pourra employer l'effort même exercé par l'eau affluente sur le piston.

Supposons, par exemple, que les pièces de l'encliquetage soient dans la position indiquée *fig.* B ; les robinets R R' étant d'ailleurs, comme le représente la même figure, disposés de manière que l'eau refoulée par la pompe alimentaire pousse le piston P dans la direction de la flèche *f*, c'est-à-dire de gauche à droite.

Lorsque le piston arrivera vers l'extrémité du cylindre, il pressera le bras b' du levier coudé, dont l'axe α' traverse le cylindre, et soulèvera le bras extérieur a', et par suite le poids π', qui cessera par conséquent de poser sur t'. Cependant les robinets ne commenceront pas encore à tourner, et le poids π ne les entraînera que lorsque a', continuant son mouvement d'ascension, viendra frapper la queue du loquet à ressort c, qui appuie

Digitized by Google

sur un tenon adapté à t'; mais dès que ce tenon aura échappé au loquet, les robinets, entraînés par le poids π, tourneront brusquement de droite à gauche, et le piston reviendra sur lui-même, jusqu'à ce que, par l'effet de la pression exercée sur b, il ait imprimé aux robinets un nouveau mouvement en sens inverse.

Il est inutile d'ajouter que l'amplitude du mouvement angulaire exécuté par les robinets doit être limitée d'une manière exacte; condition facile à remplir au moyen d'arrêts adaptés, soit à la boîte, soit à la clef des robinets. L'amplitude de l'arc décrit devrait être de 90°, si l'on employait des robinets à une seule ouverture, tels que ceux qui sont représentés dans la *fig.* A et dans la *fig.* 8; mais l'on pourra diminuer de beaucoup la grandeur de cet arc, et faciliter par conséquent le jeu de l'encliquetage, en employant des robinets à deux ouvertures semblables à celui de la *fig.* 9.

J'ai supposé jusqu'à présent le cylindre jaugeur placé dans une position horizontale, parce que cette disposition permet de fixer immédiatement les poids $\pi\pi'$ aux leviers $a\ a'$, et rend le jeu de l'encliquetage plus facile à saisir. Si l'on voulait employer le cylindre dans une position verticale, l'on pourrait conserver le mécanisme tel que nous l'avons décrit; seulement, comme les bras de levier $a\,a'$ deviendraient alors verticaux, les poids $\pi\,\pi'$, au lieu d'être fixés immédiatement à ces leviers, devraient être suspendus à une corde passant sur une poulie de renvoi, à moins que l'on ne préférât fixer ces mêmes poids à des bras supplémentaires $a_1\ a_1'$ portés sur les mêmes axes $\alpha\alpha'$.

Digitized by Google

§ III. *Mécanisme destiné à noter le nombre de coups de piston donnés.*

Au levier *l* est fixé, à charnière, un petit cliquet à ressort *d* (*Pl. VIII, fig.* C), destiné à faire mouvoir une roue à rochet, dont le mouvement de recul est empêché par un arrêt ∂. A chaque oscillation du levier, le cliquet fait sauter une dent de la roue; et l'aiguille A, portée par l'axe de cette même roue, parcourt une division du cadran indicateur. Ainsi l'inspection seule du cadran suffit pour faire connaître le nombre d'oscillations du levier *l*, ou, ce qui revient au même, le nombre de courses exécutées par le piston en un temps déterminé; et ce nombre, multiplié par le double de la capacité du cylindre, donne immédiatement le volume d'eau dépensé (1).

L'aiguille A ne peut, il est vrai, marquer qu'un nombre de courses du piston, égal, tout au plus, au nombre de dents de la roue d'encliquetage; mais on peut, à l'aide d'une petite came *k* portée sur l'axe *o*, donner le mouvement à une seconde roue dentée, de manière qu'une aiguille A' placée sur l'axe de cette seconde roue parcoure une division du cadran pendant que la première aiguille A fera une révolution complète. Le nombre de coups

(1) Le cliquet *d*, ne poussant la roue que lorsque le levier *l*, auquel il est fixé, descend, chaque impulsion donnée à l'aiguille correspond au double mouvement de va-et-vient du piston, et par conséquent à une dépense d'eau égale au double de la capacité de la portion du cylindre parcourue par le piston. Il serait facile de faire agir le levier *l* sur la roue à rochet, soit quand il monte, soit quand il descend. Chaque degré d'avancement de l'aiguille sur le cadran correspondrait alors à une dépense d'eau égale à la capacité du cylindre.

Digitized by Google

de piston que le compteur peut noter, devient ainsi égal au produit du nombre de dents de la première roue par le nombre de dents de la seconde; de sorte qu'avec deux roues de 50 dents chacune l'on pourra compter jusqu'à 2.500 coups de piston, ce qui, pour une capacité du cylindre jaugeur égale à deux litres, supposerait une dépense d'eau de 10.000 litres. Cette dépense est à peu près égale à la consommation d'une machine de 100 chevaux pendant 4 heures de travail.

J'ai supposé l'aiguille A′ placée sur l'axe même de la seconde roue; cette disposition aurait l'inconvénient de faire marcher les deux aiguilles en sens inverse l'une de l'autre. Inconvénient que l'on peut facilement éviter par l'addition de deux roues d'engrenage, comme je l'ai indiqué dans la *fig.* 5, *Pl. VIII.*

Le cadran, tel que je viens de le décrire, ne peut indiquer que le nombre de courses entières du piston. Il peut arriver cependant qu'au moment où le compteur cessera de fonctionner, le piston ne se trouve pas à l'extrémité de sa course; dans ce cas, si l'on a besoin de connaître, avec une grande exactitude, la dépense d'eau, il faudra pouvoir évaluer la portion de course exécutée par le piston en sus du nombre indiqué par les aiguilles du compteur. Cette évaluation sera facile si l'on adapte au piston une tige glissant dans une boîte à étoupes, puisque la longueur de la portion de tige, saillant hors du cylindre, fera connaître la position du piston. La tige pourrait porter elle-même une graduation, de manière à indiquer de prime abord la fraction de course que l'on désire connaître; mais comme cette graduation serait bientôt effacée par l'effet de l'usure due au frotte-

Digitized by Google

ment, il vaudra mieux que la fraction soit indiquée par un petit index *i* placé à la partie inférieure de la tige recourbée θ et glissant le long d'une règle graduée γ (*Pl. VIII, fig.* D).

En supposant la section du cylindre jaugeur égale à un décimètre carré, et la règle γ divisée en millimètres, chaque division de la règle parcourue par l'index *i* correspondrait à $0^{lit.},01$. L'on pourrait donc jauger à un centilitre près la dépense des machines; et l'exactitude de cette évaluation pourrait être augmentée encore à l'aide d'un petit vernier porté par l'index.

§ IV. *Considérations générales sur les dispositions d'ensemble et sur l'emploi de l'hydromètre.*

Après avoir examiné en détail chacune des parties qui entrent dans la composition de l'hydromètre, il ne reste plus qu'à en faire connaître les dispositions d'ensemble. J'ai représenté à cet effet, dans la *Pl. VIII*, l'appareil vu sous ses différentes faces, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur; et l'inspection de ces dessins suffira, je pense, pour faire comprendre la construction et le jeu de la machine qui nous occupe.

Tout le mécanisme de l'encliquetage et du compteur est compris entre deux plaques de tôle P P′ (*fig.* 3, 4, 6 et 7) percées de trous, dans lesquels s'engagent les axes des leviers et des roues. La plaque extérieure P′ (*fig.* 2, 3, 4, 6 et 7) porte les cadrans; elle est fixée aux brides du cylindre au moyen de deux boulons à vis; de sorte qu'il est facile de l'enlever lorsqu'on veut démonter l'appareil pour le réparer ou le nettoyer.

Digitized by Google

Si, aux pièces que j'ai précédemment énumérées, on ajoute un petit timbre, sur lequel frapperait un petit marteau mis en jeu par un des leviers de l'encliquetage, l'on obtiendra une petite sonnerie dont le silence, annonçant un dérangement de la pompe, permettrait de prévenir les accidents nombreux dus à l'irrégularité de l'alimentation (1). Le compteur d'eau deviendrait ainsi une partie intégrante utile des machines à vapeur, et pourrait être également employé soit pour enregistrer le volume d'eau projeté dans la chaudière, soit pour constater la régularité de l'alimentation, une des conditions les plus importantes

(1) Si un dérangement de la pompe alimentaire vient à ralentir ou à suspendre l'injection de l'eau, on n'en est averti que par les oscillations du flotteur. Or, en supposant que celui-ci fonctionne bien (ce qui n'est malheureusement pas toujours vrai), s'il n'est pas, de la part du chauffeur, l'objet d'une surveillance incessante, il peut arriver que l'eau baisse beaucoup, que les parois de la chaudière rougissent avant que l'on ne s'aperçoive du ralentissement de l'alimentation; et si la cause de ce ralentissement vient à cesser tout à coup, soit spontanément, soit par les soins du chauffeur, l'eau affluant sur les parois rougies de la chaudière produit instantanément une masse considérable de vapeur qui peut causer les accidents les plus graves. Telles sont les considérations qui m'ont engagé à proposer, comme mesure de sûreté, l'emploi d'une sonnerie, destinée à avertir le chauffeur de tout dérangement survenu dans l'alimentation. Cette mesure est du reste applicable à toutes les machines, indépendamment de l'emploi de l'hydromètre. L'on atteindrait en effet ce même but en employant comme moniteur une sonnerie, mise en jeu par le mouvement du flotteur. Cette sonnerie, comme celle des horloges, aurait pour moteur un poids; mais elle ne pourrait jouer que lorsqu'on lâcherait une détente. La tige du flotteur serait liée avec le levier d'échappement, et la détente aurait lieu, toutes les fois que le flotteur descendrait au-dessous d'un niveau donné.

Digitized by Google

à remplir dans la conduite des machines à vapeur. L'hydromètre peut donc être doublement utile à l'industrie et à la science, comme appareil de sûreté et comme moyen d'observation.

L'instrument que je viens de décrire peut s'adapter, avec la plus grande facilité, à une machine quelconque, en coupant le tuyau alimentaire, et assemblant les tuyaux T T' aux bouts du tuyau coupé. Il convient d'ailleurs également aux machines à haute, moyenne ou basse pression; il peut, suivant les circonstances locales et les exigences du goût, être placé horizontalement ou verticalement, ou dans telle position qui paraîtra la plus convenable et la plus commode : son emploi ne saurait donc offrir aucune difficulté.

Pour mettre l'appareil en expérience, on ramènera le piston à son point de départ, c'est-à-dire à l'extrémité droite du cylindre ; on placera les aiguilles sur le zéro du cadran, à l'aide d'une clef s'adaptant sur le bout carré de l'axe *o*, et l'on abandonnera ensuite l'instrument à lui-même. Lorsqu'on voudra arrêter sa marche sans pour cela suspendre le jeu de la machine à vapeur, il sera facile, au moyen d'un tuyau supplémentaire muni d'un robinet, d'envoyer directement l'eau à la chaudière sans la faire passer par le cylindre jaugeur. L'eau pourrait d'ailleurs passer dans ce cylindre sans faire fonctionner le compteur, pourvu que l'on eût soin de disposer les robinets de manière à établir une communication directe entre T et T'.

Il semble, au premier aperçu, que les dimensions d'un hydromètre peuvent être tout à fait indépendantes de celles de la machine à vapeur à laquelle on voudra l'adapter. Il n'en est cepen-

Digitized by Google

dant pas tout à fait ainsi, et quoique ces dimensions puissent varier sans inconvénient dans des limites assez étendues, il existe néanmoins entre elles certains rapports que l'on ne saurait négliger sans nuire soit à la solidité de l'appareil, soit à l'exactitude des indications qu'il doit fournir. C'est ainsi que l'épaisseur des parois du cylindre jaugeur devra être calculée de manière à pouvoir supporter une pression intérieure égale à la tension de la vapeur dans la chaudière. Quant à la capacité de l'appareil, elle ne saurait être assujettie à des règles fixes, mais elle doit être assez grande pour que le piston parcoure le cylindre avec une vitesse modérée, car les limites de la course du piston sont d'autant plus précises, que son mouvement est plus lent. Pour un cylindre de $0^{m},20$ de longueur, on peut, sans inconvénient, faire faire au piston de 15 à 20 oscillations par minute, ce qui suppose une vitesse de $0^{m},05$ à $0^{m},06$ par seconde (1), et représenterait une dépense d'eau de $0^{lit},50$ dans le même temps, ou de 1.800 litres par heure, si le piston avait un décimètre carré

(1) On ne doit pas regarder ces chiffres comme une limite maximum; le petit nombre d'expériences que j'ai faites à l'aide de l'hydromètre m'ont démontré que la marche de l'instrument est régulière, et que les indications sont exactes lorsque le piston se meut avec une vitesse de 0,06 par seconde dans un cylindre de 0,20 de longueur; mais rien ne m'autorise à conclure qu'il dût en être autrement, si l'on portait cette vitesse à $0^{m},07$ à $0^{m},08$ ou même au delà. Le chiffre de $0^{m},06$ par seconde ne saurait donc, je le répète, être considéré comme une limite supérieure de la vitesse; et si j'ai cité ce chiffre, cela n'a été que pour fixer un point de départ qui me permît d'établir un rapport entre les dimensions du cylindre jaugeur et la force des machines que l'on veut soumettre à l'épreuve de l'hydromètre.

Digitized by Google

de surface. La dépense approximative des machines à vapeur étant moyennement de 25 litres d'eau par force de cheval et par heure, un hydromètre ayant les dimensions que je viens d'indiquer suffirait pour jauger l'eau consommée par une machine de 70 chevaux-vapeur, et cela en battant 20 *coups* par minute.

A plus forte raison, le même instrument pourrait-il servir pour des machines d'une force moindre; car son mouvement serait alors plus lent, et par suite, les indications seraient plus exactes. Dans le cas où l'on aurait besoin d'employer un cylindre jaugeur d'une capacité plus grande, cette augmentation de capacité devrait être obtenue, non par un accroissement de longueur, mais par un accroissement de diamètre, afin de pouvoir faire battre au piston le même nombre de coups dans le même temps, sans pour cela augmenter sa vitesse. La construction et l'ajustage des diverses pièces qui composent le mécanisme de l'encliquetage et du compteur doivent être exécutés avec beaucoup de soin, si l'on veut obtenir de l'ensemble et de la précision dans le jeu de ces pièces; mais cette construction n'exige que du soin, et ne saurait offrir de difficultés aux personnes habituées au maniement des machines. Aussi m'abstiendrai-je de m'arrêter aux détails d'assemblage, et terminerai-je par l'explication de la planche jointe à cette notice, explication qui sera comme un résumé succinct de tous les détails descriptifs dans lesquels je suis entré.

Digitized by Google

EXPLICATION DES FIGURES DE LA PLANCHE VIII.

Je ne reviendrai pas sur les figures A,B,C,D, destinées à faire connaître séparément chacune des parties qui composent l'hydromètre; ces figures ont été suffisamment expliquées dans le texte des paragraphes I, II et III. Il ne me reste qu'à m'occuper des figures 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 et 9, dans lesquelles j'ai représenté sous ses diverses faces un hydromètre dont les dimensions sont calculées pour une machine de 88 chevaux.

Fig. 1. Projection de l'hydromètre, sur le plan XX, des *fig.* 2, 3, 6 et 8.

Fig. 2. Projection de l'hydromètre, sur le plan ZZ, des *fig.* 1, 3, 4, 6 et 7.

Fig. 3. Projection de l'hydromètre, sur le plan YY des *fig.* 1, 2, 4, 5, 6, 7.

Fig. 4. Hydromètre vu de face, en supposant que l'on ait enlevé la plaque antérieure P'P', pour mettre à découvert le mécanisme de l'encliquetage.

Fig. 5. Coupe transversale de l'hydromètre, suivant XX, des *fig.* 2, 3, 5, 6 et 8.

Fig. 6. Coupe longitudinale, suivant YY, des *fig.* 1, 2, 4, 5, 6 et 8.

Fig. 7. Coupe transversale, suivant X'X', des *fig.* 2, 3, 5 et 6.

Fig. 8. Coupe longitudinale, suivant ZZ, des *fig.* 1, 3, 4, 6 et 7.

Fig. 9. Robinet à deux ouvertures, pour l'introduction et l'évacuation de l'eau.

C Cylindre jaugeur.

T Tuyau d'injection, communiquant avec la pompe alimentaire.

T' Tuyau d'évacuation, conduisant à la chaudière.

RR' Robinets à double effet, destinés à mettre les tuyaux TT' en communication, alternativement, avec la partie antérieure et la partie postérieure du cylindre.

Digitized by Google

Fig. 9.

P Piston.

(1) *l,l'* Clefs des robinets R,R'.

t,t' Tiges destinées à lier ensemble les extrémités des leviers *l,l'*.

a,a' Bras extérieurs des leviers coudés *ab a'b'* dont les axes α,α' traversent le cylindre.

b,b' Bras intérieurs des mêmes leviers, destinés à recevoir l'impulsion du piston, et à faire jouer la détente de l'encliquetage, par l'intermédiaire de *a,a'*.

α,α' Axes des mêmes leviers. Les trous percés dans les parois du cylindre, pour le passage de ces axes, sont garnis d'une petite boîte à étoupes *c*, *fig.* VII, afin d'éviter les fuites d'eau.

π,π' Contre-poids destinés à faire jouer les robinets R,R'.

c,c' Loquets à ressort, servant à maintenir les robinets, jusqu'au moment où le piston, arrivé à l'extrémité de sa course, fait jouer la détente.

s,s' Petites saillies des tiges *t,t'*. C'est sur ces saillies que portent les leviers *a,a'* à l'extrémité desquels sont suspendus les contre-poids π,π'.

d, Cliquet destiné à transmettre le mouvement du levier *l* à la roue à rochet, de 50 dents, dont l'axe est en *o*.

δ Arrêt empêchant le mouvement de recul de la même roue. Cet arrêt est maintenu contre la roue, de même que le cliquet *d*, par un ressort spiral.

---

(1) Afin de ne pas surcharger mes dessins de détails superflus, j'ai négligé de retracer, dans les *fig.* 3, 4, 6 et 7, les leviers et les roues de l'encliquetage et du compteur, dont le mécanisme se trouve suffisamment expliqué par les *fig.* B, C, 2 et 5.

Digitized by Google

Fig. 9.

k Petite came, portée sur l'axe *o*, et transmettant le mouvement à une seconde roue à rochet, de 25 dents. Cette seconde roue en fait mouvoir à son tour, à l'aide d'un pignon, une troisième, *o'*. Le pignon a 25 dents et la roue *o'* en a 50.

A Aiguille portée sur l'axe *o* de la grande roue à cliquet. Cette aiguille se meut autour d'un cadran divisé en 50 degrés, dont chacun correspond à une course entière du piston P.

A' Seconde aiguille, portée sur l'axe *o'*, et se mouvant autour d'un cadran, divisé comme le premier en 50 parties. Chaque division parcourue par cette seconde aiguille correspond à une révolution entière de la première, et par conséquent à 50 coups de piston. Il faut 2.500 coups pour lui faire parcourir le tour entier du cadran.

P,P' Plaque de tôle, à laquelle sont fixés les leviers d'encliquetage et la grande roue à rochet. Les autres roues du compteur sont fixées sur la face postérieure de la seconde plaque *p'p'* et maintenues par des étriers.

P'P' Autre plaque de tôle portant les cadrans. Au lieu d'inscrire sur ceux-ci, à côté de chaque division, le numéro d'ordre de cette division, il vaut mieux y inscrire le nombre de litres jaugés auquel elle correspond; par ce moyen, on obtient immédiatement, sans calcul, le résultat des expériences, et l'on n'a qu'à lire ce résultat sur les cadrans.

Nota. La planche VIII ne sera publiée qu'avec la sixième livraison de 1840.

Digitized by Google

RÉSULTATS PRINCIPAUX

Des expériences faites en 1839 dans le laboratoire de chimie d'Angers;

Par MM. LECHATELIER et SENTIS, Aspirants-Ingénieurs des mines.

1° *Essai de la houille de Saint-Laurs* (Deux-Sèvres). — Deux échantillons, provenant de deux couches distinctes, ont été soumis à l'essai. — Ces deux couches ont été mises à découvert et explorées par des travaux récents; elles fournissent de la houille menue, très-pure, quoiqu'à une petite distance de la surface.

Ces houilles dégagent en brûlant une odeur bitumineuse qui n'a rien de désagréable; elles sont très-collantes et donnent un coke boursouflé; elles brûlent avec une grande flamme.

L'analyse immédiate a donné les résultats suivants :

	Puits n° 2.	Puits n° 3.
Coke par calcination brusque.	71,4 p. 0/0	77,0 p. 0/0.
Cendres.	6,4	7,2
Coke par distillation.	77,5	76,2
Bitume et matières liquides.	13,9	13,1
Matières volatiles. .	8,6	10,4
Plomb par la litharge sur 1g.	29g.,32	28g.,85
Densité.	1,32	»

Pour la première, les cendres sont assez fortement colorées en rouge, quoique la houille ne renferme qu'une très-faible quantité de pyrite à

Digitized by Google

et de grauwackes, qui n'ont aucun des caractères ordinaires des terrains carbonifères. Les travaux de recherches ont été exécutés à l'extrémité de l'étang de Champtocé, à 8 kilom. au nord de la bande anthracifère des bords de la Loire.

Elle perd 5 p. 100 de son poids par la calcination sans se déformer.

Elle donne 53 p. 100 de cendres rougeâtres, et 1 gramme traité par la litharge donne 13gr.,92 de plomb. Cette substance n'équivaut donc pour son pouvoir calorifique qu'à environ 40 p. 100 de son poids de carbone.

Ce combustible pourrait à la rigueur être employé pour la cuisson de la chaux, mais son peu d'abondance et l'éloignement des fours ne permettraient pas d'en faire un tel emploi.

4° *Analyse de la castine et des minerais employés au haut-fourneau de la Previère, près Pouancé* (Maine-et-Loire).—1° La castine est une mollasse coquillière de l'étage moyen des terrains tertiaires; elle est exploitée à pied d'œuvre du haut-fourneau. Elle est terreuse et tombe en poussière par la dessiccation; elle renferme quelques fragments de coquilles et des ossements d'animaux silicifiés. Elle ne renferme pas de magnésie.

5 grammes calcinés ont laissé 1gr.,99.

5 grammes traités par l'acide acétique ont laissé 0gr.,67 de sable argileux et ferrugineux.

On déduit de là pour sa composition :

Carbonate de chaux.	0,836	Acide carbonique.	0,368
		Chaux.	0,468
Sable et argile. . . .	0,134		
Eau.	0,030		
	1,000		

Le résidu est en grande partie quartzeux, et la chaux n'est pas hydraulique.

Ce calcaire renferme une quantité d'acide phosphorique sensible aux réactifs ordinaires, mais trop faible pour être dosée.

2° Les minerais employés ou essayés au haut-fourneau de la Previère, sont au nombre de trois :

Les minerais de *la Feuvrais*, de *Rougé* et de *la Noë*. Ils sont exploités dans les départements d'Ille-et-Vilaine et de la Loire-Inférieure, où ils forment des amas allongés dans le sens des couches.

Le premier de ces minerais, et le second, qui alimente plusieurs autres hauts-fourneaux de la Bretagne, sont seuls employés couramment à la Previère; le premier, qui est de qualité très-supérieure au second, mais qui est plus rare, n'entre que pour $\frac{1}{3}$ dans le mélange des minerais. Celui de la Noë n'a été qu'essayé : il donne du fer de trop mauvaise qualité; il passe à l'usine pour être cuivreux, mais il ne doit en réalité ses défauts qu'à une forte proportion de phosphore. Ces minerais sont des peroxydes hydratés en roche.

On s'est attaché dans l'analyse à doser exactement l'acide phosphorique. On est arrivé à la composition suivante :

	Minerai de la Feuvrais.	de Rougé.	de la Noë.
Peroxyde de fer.	0,671	0,754	0,740
Acide phosphorique.	0,003	0,012	0,020
Chaux carbonatée.	0,008	traces	0,014
Eau.	0,108	0,124	0,124
Gangue (quartz et argile). . .	0,200	0,108	0,088
	0,990	0,998	0,986

5° *Analyse d'un minerai de fer magnétique de Segré* (Maine-et-Loire). — Ce minerai, dont le gisement n'a pas encore été étudié, appartient au terrain de transition supérieur, dans lequel il forme probablement une couche. Il a été apporté au laboratoire en fragments anguleux. Il est d'un noir verdâtre; sa structure est grenue à grains très-fins; il est rayé par une pointe d'acier; il ne raye point le verre; il est fortement magnétique et même magnétipolaire.

Sa densité est de 3,65 à la température ordinaire. La proportion de peroxyde de fer qu'il contient a été déterminée par le carbonate de baryte mis en digestion avec la dissolution muriatique à la température de l'ébullition. On n'a trouvé ni chaux, ni magnésie.

Il a donné à l'analyse :

Peroxyde de fer. . .	0,666
Protoxyde de fer. .	0,096
Alumine.	0,008
Oxyde de manganèse.	0,002
Silice gélatineuse. .	0,098
Acide phosphorique.	0,006
Eau.	0,060
Argile et quartz. . .	0,038
	0,974

Ce minerai se rapproche par sa composition et ses propriétés, et sans doute aussi par sa nature géologique, du minerai de Saint-Brieuc, dont l'analyse a été donnée par M. Berthier, tome II des Essais par la voie sèche, page 244. Il présente cette différence qu'on n'y a pas rencontré de chrôme.

6° *Analyse de la castine du haut-fourneau de Martigné* (Ille-et-Vilaine) (M. Sentis). — C'est un calcaire tertiaire dans lequel on rencontre

beaucoup d'ossements calcaires; il est terreux, cependant les grains sont assez durs. Il n'est pas magnésien. Sa composition est la suivante :

Carbonate de chaux.	0,900
Argile et sable. . . .	0,090
Eau.	0,010
	1,000

On n'a pas recherché l'acide phosphorique. L'essai de plusieurs castines de même nature n'en a fait reconnaître que des traces insignifiantes.

7° *Analyse des minerais de fer de Rohan employés au haut-fourneau de Trédion* (Morbihan) (M. Sentis). — On peut distinguer deux sortes de minerais dans la minière de Rohan. Tous deux sont des hydrates de peroxyde de fer. Le n° 1 présente des parties d'un jaune clair en couches concentriques et rayonnées qui ne font pas effervescence. On a particulièrement choisi pour l'analyse les fragments qui enfermaient cette substance avec le plus d'abondance. Le n° 2 est amorphe, d'un brun clair, à cassure inégale; il ne renferme pas les mêmes parties jaunâtres.

Dans le n° 1 on n'a recherché que l'acide phosphorique et le soufre, en fondant avec le nitre et le carbonate de soude : on n'a trouvé qu'une quantité insignifiante de soufre. On a obtenu sur 4 gr. :

Phosphate de chaux.	0gr.,26
D'où, acide phosphorique. . .	0 ,16
Et pour 1 gr. » . . .	0 ,04

Ce minerai renferme donc l'énorme proportion de 4 p. 0/0 d'acide phosphorique; on s'est assuré du reste que le phosphate de chaux n'était pas mélangé d'acide arsénique.

Digitized by Google

Le n° 2 a donné pour sa composition :

Peroxyde de fer . .	0,669
Eau.	0,124
Acide phosphorique.	0,020
Gangue argileuse. . .	0,170
	0,983

Ces deux minerais produisent une fonte dont l'analyse a été donnée par M. Berthier, et qui n'a été employée jusqu'ici que pour le lest des vaisseaux.

La mauvaise qualité de presque tous les minerais de la Bretagne doit dépendre, pour la plus grande partie, de la quantité de phosphore qu'ils renferment.

8° *Analyse d'un tartre formé dans une chaudière de machine à vapeur.* — Cette substance a été envoyée au laboratoire d'Angers par M. Cousté, sous-directeur de la manufacture des tabacs du Havre ; elle provient des bateaux à vapeur qui naviguent sur l'Océan. Elle est en plaques, à structure rayonnée de 3 à 4 millimètres d'épaisseur. Elle est rayée par une pointe d'acier, et ne l'est pas sous l'ongle.

Composition :

Acide sulfurique. .	0,500
Chlore.	traces
Chaux.	0,352
Magnésie.	0,072
Eau.	0,068
Fer. . . . . } Alumine. . . . . }	traces
	0,992

En comparant les quantités d'oxygène renfermées dans l'acide sulfurique, la chaux et l'eau,

Digitized by Google

on reconnaît que cette substance correspond au sulfate de chaux cristallisé ordinaire qui aurait perdu le quart de son eau : la formule serait 2 (Ca O. S O') + 3 H'O. — La magnésie est en partie à l'état de sulfate et en partie à l'état de chlorure.

Digitized by Google

RÉSULTATS PRINCIPAUX

Des expériences faites en 1839 dans le laboratoire de chimie de Mézières;

Par M. SAUVAGE, Ingénieur des mines.

I. *Terres noires ou cendres de Lafère* (Aisne), *employées à l'amendement des terres.*

Ces terres noires appartiennent à la partie inférieure du terrain tertiaire du bassin de Paris. Elles sont supérieures à l'argile plastique du Soissonnais. On les exploite en grande quantité dans les environs de Lafère (Aisne), et on en expédie une partie par l'Aisne et le canal des Ardennes dans le département des Ardennes, où elles ont une grande réputation. Elles coûtent aux environs de Mézières 4 à 5 fr. l'hectolitre. On les répand sur les prairies artificielles dans la proportion de 3 hectol. à 3^{h},50 par hectare. L'action de ces terres, quoique incontestable, est encore inexpliquée. Il est certain qu'elles agissent de deux manières : mécaniquement par l'argile et le sable qu'elles renferment, et chimiquement comme fait le plâtre, par exemple. Les pyrites très-divisées qu'elles contiennent doivent, au contact du carbonate de chaux et sous l'influence de l'humidité et de l'air, donner naissance à du sulfate de chaux : ce dernier agirait à l'état naissant. Les matières organiques qui forment la moitié du poids de ces cendres pourraient bien aussi n'être pas sans action.

La terre de Lafère renferme 0,07 de pyrites qui

Digitized by Google

produiraient 0,10 de gypse. La quantité de plâtre à répandre sur une terre convenablement préparée, pour produire le même effet que les cendres, est évaluée à 1^h,50, c'est-à-dire que l'effet du plâtre est à celui de la cendre comme 2,33 est à 1, abstraction faite, bien entendu, de l'action mécanique de celle-ci. Or, la quantité de sulfate de chaux qui peut se former par réaction est certainement moindre que le cinquième de celle que l'on emploie, quand il s'agit du plâtre. Cette formation spontanée ne peut donc à elle seule expliquer le phénomène, à moins que l'on n'admette que l'influence du plâtre à l'état naissant soit plus énergique.

Ces terres sont en petits grumeaux noirs mélangés de quelques grains terreux d'un blanc sale qui sont, d'après l'analyse suivante, du sous-sulfate d'alumine.

On y distingue aussi de petites aiguilles de sulfate de chaux : leur saveur est styptique.

A la température de 50° elles perdent de l'eau, et l'odeur de la vapeur qui se forme est déjà sensible et pénétrante. C'est une odeur empyreumatique. A 100° environ elles perdent les 0,36 de leur poids. Soumises au grillage elles laissent dégager de l'acide sulfureux et perdent, pendant cette opération, les 0,60 de leur poids primitif. Les 0,40 qui restent se dissolvent en partie dans l'acide hydrochlorique, et le dernier résidu, qui est blanc, ne pèse plus que 0,24.

On obtient par la lévigation de 10 gr. de matière un résidu lourd, grenu, composé de pyrites très-ténues, d'un sable verdâtre extrêmement fin, et de quelques grains de quartz blancs, translucides. Ce résidu pèse $5^{gr.}$,77. On ne peut parvenir à séparer le sable vert des pyrites.

Digitized by Google

La distillation dans une petite cornue de verre a donné :

Eau et produits gazeux (par différence).	0,152
Produits liquides huileux.	0,244
Résidu charbon.	0,604
	1,000

Le liquide était très-odorant, laiteux, fortement acide.

La lessive de potasse dissout la plus grande partie de la matière organique et se colore fortement en brun.

Saturée par l'acide hydrochlorique, la solution alcaline se décolore complétement ; il se forme un volumineux précipité brun.

Traitée par l'acide nitrique bouillant, la matière brute est attaquée avec une vive effervescence; la masse prend une couleur d'un jaune intense de soufre.

Après l'évaporation à sec, le traitement par l'eau et la précipitation de l'oxyde de fer, la liqueur conserve une teinte jaune très-prononcée.

L'analyse a été faite de la manière suivante :

On traita la terre par l'eau bouillante qui enleva les sulfates de chaux et de fer, puis par l'acide acétique qui dissolvit seulement une trace de peroxyde de fer et sans chaux. On fit bouillir le résidu avec l'acide hydrochlorique qui sépara de l'acide sulfurique, de l'alumine, du protoxyde de fer sans trace de peroxyde, et de la magnésie. Ce protoxyde de fer ne pouvant provenir que d'un silicate décomposé par l'acide hydrochlorique, on lava le résidu avec la lessive de potasse qui enleva la silice gélatineuse. Il ne restait plus qu'un mélange de pyrites, de quartz et de grains verts. On traita par l'eau régale qui brûla les pyrites et décomposa le silicate. La dissolution fut analysée, elle contenait

Digitized by Google

l'acide sulfurique, l'oxyde de fer, l'alumine et la magnésie. La partie insoluble dans l'eau régale fut lavée avec de la potasse liquide. Le résidu calciné était parfaitement blanc; c'était du quartz et un peu d'argile.

En examinant l'action des acides sur cette substance, on voit que l'acide hydrochlorique enleva de l'acide sulfurique, de l'alumine et du protoxyde de fer. Ce dernier ne peut être combiné avec l'acide sulfurique, car le sulfate de fer aurait été dissous par l'eau. L'acide était donc combiné avec l'alumine; mais en quelle proportion? C'est ce qu'il est impossible de déterminer directement, parce qu'une partie de l'alumine provient de la décomposition des grains verts. Toutefois, en admettant que le silicate attaqué par l'acide hydrochlorique ait la même composition que celui que l'eau régale a complétement décomposé, on conclurait que l'alumine et l'acide sulfurique sont dans les proportions qui constituent le *webstérite*, sous-sulfate d'alumine que l'on rencontre dans les argiles tertiaires.

En rassemblant les résultats partiels et calculant la proportion de charbon par différence, on peut admettre que les cendres de la Fère sont ainsi composées :

Eau, matières gazeuses combustibles.	0,1520	0,5372
Produits liquides huileux de la distillation.	0,2440	
Carbone.	0,1412	
Sulfate de protoxyde de fer.	0,0582	
Sulfate de chaux.	0,0082	
Une trace de protoxyde de fer.		
Sous-sulfate d'alumine (webstérite). .	0,0172	
Grains verts (silicate de fer, d'alumine).	0,1226	
Pyrites de fer.	0,0692	
Argile.	0,1874	
	1,0000	

Digitized by Google

Les sables verts qu'il a été impossible d'isoler du reste de la matière auraient à peu près la composition suivante, indépendamment de l'eau :

Silice.	0,462
Alumine.	0,411
Protoxyde de fer. .	0,078
Magnésie.	0,049
	1,000

II. *Terres noires ou cendres de Fismes* (Aisne), *employées à l'amendement des terres.*

Ces terres noires appartiennent au même gisement que les précédentes. Elles offrent les mêmes caractères. Elles arrivent dans le département des Ardennes par la route royale de Paris à Mézières. Afin d'économiser sur le transport, les cultivateurs saisissent pour la faire venir l'occasion de contre-voitures. Les cendres de Fismes sont moins estimées que celles de la Fère ; elles coûtent moins cher.

Elles sont un peu plus riches en matières combustibles que celles-ci, et elles renferment moins de pyrites.

Voici leur composition :

Eau, matières organiques combustibles.	0,5582
Sulfate de protoxyde de fer.	0,0512
Sulfate de chaux.	0,0044
Trace de peroxyde de fer.	
Sous-sulfate d'alumine (webstérite). . .	0,0182
Grains verts.	0,1180
Pyrites de fer.	0,0540
Argile et sable.	0,1960
	1,0000

Digitized by Google

III. *Marnes pyriteuses du département des Ardennes, exploitées pour l'amendement des terres.*

	Marne de la Fe Olive. (1)	Marne du Faluel. (2)	Marne des Vallées. (3)	Marne du Tarzy. (4)
Eau et trace de mat. organiques.	0,1260	0,0650	0,0500	0,0300
Sulfate de chaux.	0,0082	0,0160	0,0040	0,0340
Sous-sulfate de fer.	»	»	»	0,0127
Carbonate de chaux.	0,0340	0,0010	0,0070	0,0070
Sables verts.	0,2920	0,4000	0,2000	0,1500
Pyrites.	0,2400	0,0900	0,1500	0,1500
Argile et sable.	0,2920	0,4180	0,5890	0,6163
	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Résidu de la lévigation; sables verts, pyrites.	0,60	0,64	0,30	0,25

Ces argiles sableuses appartiennent toutes à la partie inférieure des sables verts du terrain crétacé. Elles sont exploitées dans les différentes localités dont elles portent le nom, et employées dans les environs. Leur prix est assez variable, c'est à peu près 20 centimes l'hectolitre sur la marnière.

On les emploie sur les prairies artificielles en quantité très-variable, suivant la nature du terrain et la distance de la marnière au lieu d'emploi. Auprès de Signy-l'Abbaye, à 5 kil. des marnières, on en répand environ 6 hectolitres sur un hectare. Plus loin, c'est 2 hectolitres ou 2 hectolitres 50. A part l'influence mécanique de l'argile, ces matières doivent agir par les pyrites qu'elles renferment, lesquelles donnent naissance à du sulfate de chaux. La quantité de pyrites est plus que suffisante pour produire, au contact de la chaux carbonatée, la quantité de gypse que l'on emploie habituellement. Nous avons eu occasion de remarquer que les tas anciens de marnes étaient couverts d'aiguilles

Digitized by Google

de gypse beaucoup plus abondantes qu'au moment de l'extraction.

Le résidu de la lévigation renferme des pyrites et des sables verts. Par un lavage à l'augette fait avec soin, on sépare à peu près, quoique incomplétement, les sables verts des pyrites. Celles-ci restent sur l'augette avec un mélange de grains verts très-fins et de quelques grains de quartz amorphes, blancs et jaunes, de grains rouges ferrugineux, durs.

Pour analyser ces marnes, on les a successivement traitées par l'eau bouillante, par l'acide acétique, par l'acide hydrochlorique, par l'eau régale et par la potasse liquide qui enleva la silice gélatineuse.

Les grains verts sont composés de :

Silice.	0,62
Alumine.	0,13
Protoxyde de fer. .	0,23
Magnésie.	0,01
Chaux.	0,01
	1,00

IV. *Marne sulfureuse de Flize calcinée à l'air libre.*

La partie supérieure du lias des Ardennes est formée par des marnes noires schisteuses placées immédiatement au-dessous des calcaires jaunes de l'oolithe inférieure. Ces marnes ont une puissance de 90 mètres. La partie inférieure est sulfureuse ; c'est elle que l'on exploite et qu'on emploie, après la calcination à l'air libre, à l'amendement des prairies artificielles. Pour opérer la calcination, on place ces marnes en tas sur quelques fagots de menu bois auquel on met le feu. La combustion

Digitized by Google

se communique à la masse qui brûle ensuite d'elle-même à la faveur des pyrites et des matières bitumineuses qu'elle contient. Les gaz qui se dégagent emportent avec eux une forte odeur d'acide sulfureux et d'hydrogène carboné. On obtient après une combustion fort lente une matière rougeâtre feuilletée, très-légère et très-hygrométrique. C'est elle que l'on répand à assez forte dose sur les prairies artificielles. On en met 20 à 25 hectolitres par hectare; 1 hectolitre,70 de plâtre produit sur une prairie artificielle à peu près le même effet, abstraction faite de l'action mécanique de la marne, action que ne saurait produire le plâtre. L'effet du plâtre est donc à celui de la terre brûlée de Flize comme 15 est à 1. Or, d'après l'analyse qui va suivre, la terre de Flize renferme les 0,07 de son poids de sulfate de chaux, soit le $\frac{1}{14}$; elle paraît donc agir simplement comme un mélange de marne et de plâtre. L'hectolitre sur place revient à 0f,40; à 8 kilomètres de la marnière, il coûte 0f,70 à 0f,80.

Calcinée au blanc, la cendre rouge de Flize perd les 0,11 de son poids.

Traitée par l'eau et par les acides acétique et hydrochlorique, elle a donné :

Sulfate de chaux avec un peu de sulfate de magnésie	0,070
Chaux	0,074
Alumine	0,100
Oxyde de fer	0,056
Magnésie	0,005

Le résidu 0,576 renfermait :

Silice gélatineuse	0,144
Argile	0,432

La silice gélatineuse provient, soit d'une partie

Digitized by Google

de l'argile qui aurait été attaquée par l'acide hydrochlorique, soit, en partie, d'un silicate de fer qui existerait dans la marne brute. Quoi qu'il en soit, la proportion d'alumine est trop forte relativement à celle de la silice pour former l'argile ordinaire, et cette terre doit être en partie à l'état d'hydrate dans la substance.

L'oxyde de fer vient partie des pyrites, partie d'un silicate de fer. Dans tous les cas, la quantité de pyrite dans la marne brute ne saurait s'élever au-dessus de 0,07.

On a trouvé, pour la composition de cette marne calcinée :

Eau.	0,052
Sulfate de chaux.	0,070
Une trace de sulfate de magnésie.	
Carbonate de chaux. . . .	0,130
Oxyde de fer.	0,058
Alumine.	0,100
Magnésie.	0,005
Silice.	0,144
Argile (inattaquable par l'acide hydrochlorique). . .	0,432
	0,993

V. *Marne de Maubert* (Ardennes).

Cette marne appartient à la partie moyenne du lias des Ardennes. On la répand sur les terres en très-grande quantité. Son action n'est probablement que mécanique. Elle ne laisse aucun résidu par lévigation; grillée et calcinée, elle perd les 0,14 de son poids. Le résidu est coloré en rose. Cette marne renferme :

Digitized by Google

Eau.	0,062
Sulfate de chaux.	0,005
Carbonate de chaux. . . .	0,168
Argile et sable.	0,762
Hydrate de fer et perte. .	0,003
	1,000

VI. *Roche connue dans le département des Ardennes, sous le nom de* gaize *ou* pierre morte.

Cette roche se trouve à la base de la formation crétacée; elle recouvre les argiles du Gault. Sa puissance est considérable, elle est de près de 100 mètres au sud du département des Ardennes. C'est une pierre très-tendre, légère, d'une nuance grisâtre, et qui devient verdâtre quand elle est humide. Elle se délite facilement et se divise en fragments de peu de grosseur. Au premier aspect, elle paraît homogène, mais en l'examinant avec soin à l'aide d'une forte loupe, on y distingue de petits points noirs au milieu de la masse dont la texture est grenue. Cette roche, tendre et extrêmement gélive, ne peut être employée pour les constructions, excepté dans les endroits qui sont à l'abri de la pluie et de la gelée, dans les caves par exemple.

1° Soumise à une forte calcination, cette substance perd les 0,08 de son poids, et elle prend une teinte rose.

2° Une dissolution de potasse concentrée et bouillante lui enlève les 0,56 de son poids de silice gélatineuse.

3° Après le lessivage par la potasse, le résidu traité par l'acide hydrochlorique laisse dissoudre de l'alumine, du protoxyde de fer, de la magnésie

Digitized by Google

et de la potasse, et une certaine quantité de silice correspondante à ces bases est mise à nu. La lessive de potasse la dissout aisément. Le reste est inattaquable par les acides ordinaires. La gaize renferme donc :

Eau.		0,0800
Silice à l'état gélatineux, soluble dans la potasse liquide.		0,5600
Bases. . 0,055	Protoxyde de fer.	0,0300
	Alumine.	0,0100
	Potasse.	0,0075
	Magnésie.	0,0075
Silice combinée avec les bases.		0,0650
Résidu inattaquable par les acides et la potasse liquide.		0,2400
		1,0000

4° Cette même substance, analysée en la fondant dans le creuset d'argent avec 3 fois son poids de potasse caustique, a donné :

Eau.	0,0800
Silice.	0,8280
Alumine.	0,0330
Protoxyde de fer.	0,0330
Magnésie.	0,0080
Chaux.	trace
	0,9820

La quantité d'alumine trouvée par cette analyse dépasse de 0,029 celle qu'a donnée la première. Quant aux autres bases, fer et magnésie, les résultats s'accordent assez bien. Les 0,023 d'alumine que donne cette dernière analyse proviennent donc d'une petite quantité d'argile que la matière renferme, et qui, d'après la composition ordinaire de l'argile, équivaudrait à 0,070 environ.

5° Afin de doser avec certitude la potasse, on a

Digitized by Google

traité directement la roche porphyrisée par l'acide hydrochlorique, et on a obtenu, comme dans la première analyse, 0,0075 de potasse.

En rassemblant les résultats précédents, on trouve la composition suivante :

Eau.	0,080
Silice à l'état gélatineux.	0,560
Sable vert très-divisé (chlorite). .	0,120
Argile.	0,070
Sable fin, quartzeux.	0,170
	1,000

Les 0,120 de sable vert sont composés de :

Silice.			0,0650
Bases. .	0,55	Protoxyde de fer.	0,0300
		Alumine.	0,0100
		Potasse.	0,0075
		Magnésie.	0,0075
			0,1200

Ce qui donne, pour la composition d'une partie de cette substance :

Silice.	0,542
Protoxyde de fer. .	0,250
Alumine.	0,083
Potasse.	0,062
Magnésie.	0,063
	1,000

Dans ce minéral, la quantité d'oxygène de la silice est double de celle des bases, et sa formule minéralogique est $(Fe+Al+Ka+Mg)\,Si^2$.

La roche que nous venons de décrire est remarquable par la grande quantité de silice gélatineuse qu'elle renferme. Il serait intéressant de l'examiner avec un microscope puissant; peut-

Digitized by Google

être la trouverait-on composée de carapaces d'Infusoires. Elle occupe dans les Ardennes un espace considérable, et elle a une grande puissance. Ses caractères minéralogiques restent bien constants dans tout l'arrondissement de Vouziers. Quelques parties renferment, outre les éléments que nous y avons trouvés, une petite quantité de carbonate de chaux.

On exploite aux environs de Varennes, près des verreries du pays, un sable qui provient des éboulements de la gaize, et qui s'étend tout le long des falaises que forme cette roche.

On voit, par la composition donnée ci-dessus, qu'il serait facile de se procurer, à l'aide de la gaize, un verre soluble destiné à rendre les étoffes incombustibles.

VII. *Efflorescence saline trouvée sur les roches du terrain de transition des environs de Revin* (Ardennes).

L'étage moyen du terrain ardoisier des Ardennes renferme des schistes bleu foncé et des quartzites d'un gris bleuâtre. Les schistes sont généralement irréguliers et à surface ondulée. On y rencontre beaucoup de fissures qui souvent sont remplies de matières ferrugineuses. L'efflorescence dont nous allons donner l'analyse a été trouvée au bord d'une de ces fissures. Les roches environnantes sont formées par un schiste tendre qui renferme des pyrites de fer en partie décomposées.

Cette efflorescence est une matière blanche, amorphe, mamelonnée à la surface, d'une saveur très-astringente. Elle est composée de :

Digitized by Google

		Oxygène.
Acide sulfurique.	0,370	3
Alumine.	0,159	1
Oxyde de fer.	0,014	
Argile.	0,015	
Eau.	0,440	6
Magnésie, chaux et perte.	0,002	
	1,000	

Sa formule minéralogique est $ASu^3+6\,Aq$.

C'est aussi celle de l'alunogène de Rio Saldana, en Colombie, que M. Boussingault a observé dans les schistes intermédiaires de cette localité.

Cette substance, peu abondante du reste dans les Ardennes, ne peut provenir que de la réaction des pyrites sur le schiste alumineux, qui constitue la masse principale du terrain.

VIII. *Analyse et essai de plusieurs minerais de fer du canton de Grandpré* (Ardennes).

Nous avons donné dans le t. XIV, p. 166, des *Ann. des mines*, l'indication du gisement des minerais de fer que l'on consomme dans les usines de l'arrondissement de Vouziers. Ces minerais, qui appartiennent à la formation des sables verts, sont en très-petits grains irréguliers composés essentiellement d'hydrate de peroxyde de fer et de silicate de protoxyde de fer. Ces deux minéraux sont mélangés intimement en particules indiscernables, de telle sorte que l'action seule des acides a pu les mettre en évidence.

Ainsi l'acide hydrochlorique tiède décolore les grains rouges, qui prennent alors une teinte verte. Si on les frotte avec le doigt, la matière verte se délaye, les grains redeviennent rouges, l'acide hydrochlorique dissout encore du fer, et la

Digitized by Google

couleur verte reparaît. Ces minerais ne sont point magnétiques.

Nous avons fait trois analyses de ces minerais, en procédant de la manière suivante :

Le minéral porphyrisé était traité par l'acide hydrochlorique étendu qui dissolvait l'hydrate de peroxyde de fer, de l'alumine, de l'oxyde de chrôme et de l'acide phosphorique ; puis par l'eau régale, qui décomposait le silicate en dissolvant les bases. La silice gélatineuse mise à nu était enlevée par la potasse qui laissait le quartz.

Voici la composition de trois échantillons :

	Minerai de Tronsol. (1)	Minerai de Tronsol. (2)	Minerai de Grandpré. (3)
Eau de combinaison	0,1680	0,1440	0,1500
Peroxyde de fer (à l'état d'hydrate)	0,4684	0,5480	0,6280
Alumine *idem*	0,0280	0,0250	0,0250
Oxyde de chrôme	0,0020	0,0020	0,0015
Oxyde de manganèse	0,0120	0,0100	0,0060
Trace de chaux	»	»	»
Acide phosphorique	0,0060	0,0070	0,0040
Chlorite (silicate de fer, etc.)	0,2362	0,2100	0,1460
Quartz	0,0784	0,0540	0,0330
	1,0000	1,0000	1,0000

La chlorite, qui fait partie intégrante de ce minerai, est composée de :

Silice	0,52
Protoxyde de fer	0,28
Alumine	0,07
Magnésie	0,08
Alcali (probablement) et perte	0,05
	1,00

L'oxygène de la silice est à celui des trois bases dosées :: 1 : 0,47. En tenant compte de l'alcali qui

Digitized by Google

probablement se trouve dans ce minéral, on aura, pour formule minéralogique (Fe, Al, Mg, K) Si^2. C'est précisément celle que nous avons trouvée pour les grains verts qui existent dans la *gaize* ou craie tufau dont l'analyse a été donnée plus haut. Remarquons que cette roche et les minerais appartiennent à la même formation géologique. Les minerais et les sables verts qui les accompagnent sont à la base de la formation. La gaize n'est supérieure à ces sables que de 15 à 20 mètres.

Outre les matières que nous avons signalées, les minerais des sables verts contiennent encore de l'oxyde de zinc, car on a trouvé des cadmies dans les fourneaux de Senne et de Montblainville qui emploient exclusivement ces minerais.

Les minerais de ce gisement alimentent huit hauts-fourneaux, qui produisent de la fonte de moulage et de la fonte de forge. Le fer obtenu de cette dernière est de qualité moyenne, désigné sous le nom de *métis*. Tous ces fourneaux marchent à l'air chaud et la plupart au charbon roux. Leur consommation, par tonne de fonte, est en général de 12 à 13 stères de bois.

Nous avons essayé dans le fourneau à vent cinq variétés de ces minerais ; nous avons obtenu les résultats suivants :

1. *Minerai de Tronsol* (1).

Il perd à la calcination. . . . . . . 0,168 d'eau
Il laisse dans l'acide hydrochlorique. 0,310 de quartz et de chlorite.

gr.		gr.
10	minerai cru = minerai calciné.	8,32
1,30	carbonate de chaux = chaux.	0,73
		9,05

ont donné :

Fonte. . . .	3,84	Total. . .	7,61
Scorie. . . .	3,77	Oxygène =	1,44

La quantité d'oxygène n'est point suffisante pour faire passer les 3,84 de fonte à l'état de peroxyde, et d'après l'essai la somme du protoxyde et du peroxyde égalerait 5,28. L'analyse a donné 5,34.

La fonte était blanche et cassante, la scorie transparente, avec une légère nuance verte.

2. *Minerai de Tronsol* (2).

Il perd à la calcination. . . . . . . 0,140 d'eau.
Il laisse dans l'acide hydrochlorique. 0,264 de quartz et de chlorite.

gr. 10	minerai cru = minerai calciné.	gr. 8,56
1,60	carbonate de chaux = chaux.	0,90
		9,46

ont donné :

Fonte. . . .	4,40	Total. . .	7,64
Scorie. . . .	3,24	Oxygène =	1,82

La fonte était blanche et cassante, la scorie transparente, avec une légère teinte verte.

3. *Minerai de Grandpré* (3).

Ce minerai et les deux suivants sont en grains un peu plus gros que les deux précédents.

Il perd par calcination. . . . . . . 0,150 d'eau.
Il laisse dans l'acide hydrochlorique. 0,180 de quartz et de chlorite.

Digitized by Google

gr.	gr.
10 minerai cru = minerai calciné.	8,50
1 carbonate de chaux = chaux.	0,56
	9,06

ont donné :

Fonte. . . . 4,82 }
Scorie. . . . 2,26 } Total. . . 7,08

Oxygène = 1,98

La fonte était blanche et cassante, la scorie bien vitrifiée, présentant en masse une légère nuance verte, mais incolore, en lames minces.

4. *Minerai de fer de Marcq* (4).

Il perd à la calcination. . . . . 0,16 d'eau.
Il laisse dans l'acide muriatique. . . 0,18 de quartz et de chlorite.

gr.	gr.
10 minerai cru = minerai calciné.	8,40
1 carbonate de chaux = chaux.	0,56
	8,96

ont donné :

Fonte. . . . 4,70 }
Scorie. . . . 2,42 } Total. . . 7,12

Oxygène = 1,84

5. *Minerai de Sommerance* (5).

Il perd à la calcination. . . . . . . 0,150 d'eau.
Il laisse dans l'acide hydrochlorique. 0,180 de quartz et de chlorite.

gr.	gr.
10 minerai cru = minerai calciné.	8,50
1 carbonate de chaux = chaux.	0,56
	9,06

ont donné :

Digitized by Google

Fonte. . . .	4,64	Total. . .	7,22
Scorie. . . .	2,58		
		Oxygène =	1,84

La fonte était blanche et cassante, la scorie transparente, légèrement verdâtre.

IX. *Essai du minerai fer de Launois* (Ardennes).

Ce minerai est un hydrate de peroxyde en petits grains ronds de la grosseur d'une tête d'épingle. Il se trouve en couche réglée, et appartient à la partie supérieure du *terrain à chailles* (Oxford clay). Il est employé en mélange avec d'autres minerais, et il donne généralement une bonne fonte de moulage, très-douce. Le fer qu'il produit est cassant; on le désigne sous les dénominations de métis et tendre.

gr.		gr.
10	minerai cru = minerai calciné.	8,46
0,80	carbonate de chaux = chaux.	0,45
		8,91

ont donné :

Fonte. . . .	4,66	Total. . .	6,98
Scorie. . . .	2,32		
		Oxygène =	1,93

Fondant ajouté, chaux.	0,45
Matières vitrifiables.	1,87
Matières insolubles dans l'acide hydrochlorique.	1,48
Matières solubles dans l'acide hydrochlorique. .	0,39
Matières solubles dans l'acide acétique (chaux).	0,08
Matières insolubles dans l'acide acétique et solubles dans l'acide hydrochlorique.	0,31

La fonte était blanche, très-cassante; la scorie opaque et d'un gris foncé.

Digitized by Google

X. *Analyse du minerai de Gruyères* (Ardennes).

Ce minerai appartient à la période diluvienne. Il est déposé en gros fragments géodiques et stalactiformes, dans les cavités irrégulières de la grande oolithe. Ce gisement, qui se rencontre sur tout l'affleurement des calcaires blancs, est le seul qui fournisse dans les Ardennes du minerai de bonne qualité. Malheureusement l'extraction dans ces dépôts irréguliers est fort difficile et coûteuse, ce qui fait que les maîtres de forges ne peuvent employer ce minerai, dit *de fer fort*, qu'en petite proportion.

Celui de Gruyères renferme :

Eau.	0,16		
Peroxyde de fer.	0,78	Fer. .	0,55
Argile.	0,06		
Oxyde de chrôme.	traces		
	1,00		

XI. *Sel métallique multiple de Bieiros en Galice* (Espagne).

On a trouvé dans le filon de plomb de Bieiros des nodules d'un minéral qui ressemble aux variétés jaune verdâtre de chlorophosphate de plomb. M. Schulz, inspecteur des mines des Asturies et de la Galice, m'en a remis un échantillon que j'ai analysé. Cette substance est, comme je l'ai déjà dit, d'un jaune verdâtre : sa texture est grenue; elle paraît être homogène : sa densité est de 3.

Elle n'est pas complétement attaquée par l'acide nitrique. L'eau régale la dissout facilement.

Digitized by Google

Chauffée sur la lampe dans le tube fermé, elle devient rouge, et abandonne 0,0875 d'eau, avec une petite quantité d'aide sulfurique. Elle n'est, du reste, nullement soluble dans l'eau.

On en a fait deux analyses; la première par l'eau régale, la seconde en faisant fondre la matière avec du carbonate de soude dans un creuset de platine.

1° *Analyse par l'eau régale.* — Le minéral a été traité par l'eau régale, et la dissolution évaporée à sec. En reprenant par l'alcool à 40°, on a séparé le chlorure de plomb et la gangue. Dans la liqueur rendue acide, on a précipité l'acide sulfurique par le nitrate de baryte, puis l'on a fait passer un courant d'hydrogène sulfuré qui a précipité du cuivre dans lequel on n'a retrouvé qu'une trace de plomb. La liqueur a été évaporée à sec, et le fer peroxydé par l'acide nitrique. On a repris par l'eau, et saturé avec du carbonate d'ammoniaque, qui a précipité le fer et l'acide phosphorique. La liqueur ne renfermait plus alors aucune substance fixe. On a séparé ensuite l'acide phosphorique du fer par le procédé ordinaire à l'acide de l'hydrosulfate d'ammoniaque, et l'acide phosphorique a été dosé par différence.

2° *Analyse par le carbonate de soude.* — Après la fusion avec ce sel, la masse a été lavée avec de l'eau bouillante, et on a filtré, après quoi on a dosé successivement les acides sulfurique et hydrochlorique contenus dans la dissolution, et on a enfin analysé la partie insoluble pour vérification. Les résultats de cette analyse ont confirmé ceux de la première. L'analyse a donné :

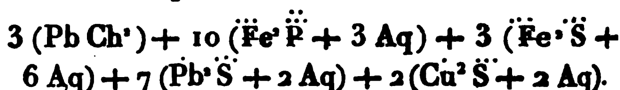
Digitized by Google

		Nombre d'atomes.
Eau.	0,0875	1.650
Acide sulfurique. . . .	0,0750	309
Acide phosphorique. .	0,1115	250
Acide hydrochlorique.	0,0160	141
Oxyde de plomb. . . .	0,3000	431
Peroxyde de fer. . . .	0,3200	654
Oxyde de cuivre. . . .	0,0250	96
Argile.	0,0600	
	0,9980	

Si l'on forme le chlorure de plomb Pb Ch^2, on a 71 (Pb Ch^2), et il reste 360 atomes d'oxyde de plomb. Le nombre des atomes des bases est alors

360 + 654 + 96 = 1.110
Celui des acides = 559
Le nombre d'atomes d'eau = 1.650

Le nombre d'atomes des bases est à celui des acides : : 2 : 1. On pourrait donc considérer le minéral comme un mélange de chlorure de plomb et de sels basiques à 2 at. de base, et la formule complète serait celle-ci :



$$3\,(Pb\,Ch^2) + 10\,(\dddot{F}e^2\,\dddot{\ddot{P}} + 3\,Aq) + 3\,(\dddot{F}e^2\,\dddot{S} + 6\,Aq) + 7\,(\dot{P}b^2\,\dddot{S} + 2\,Aq) + 2\,(\dot{C}u^2\,\dddot{S} + 2\,Aq).$$

Dans les sulfates, l'eau renfermerait autant d'oxygène que la base ; dans le phosphate, elle ne contiendrait que la moitié de l'oxygène de la base.

Nous supposons que le fer est tout entier à l'état de peroxyde, mais cela n'est point probable. D'un autre côté le chlorure de plomb indiquerait la présence d'un chlorophosphate. La quantité de plomb n'est point suffisante pour donner le chlorophosphate, comme (Pb Cl) + 3 ($Pb^3 P^5$). Le plomb pour-

Digitized by Google

raît être remplacé par son isomorphe Fe O. En partant de cette hypothèse, on aurait 71 (Pb Ch') + $\left[120\,(P'b^3 P^5) + 93\,(Fe^3 P^5)\right]$ qui rentre dans la formule ordinaire du chlorophosphate, etc., il resterait : 37 atomes d'acide phosphorique,

96 — d'oxyde cuivrique,
1.029 — d'oxyde ferreux,
et 309 — d'acide sulfurique.

Ces quatre substances seraient combinées de manière à donner un sous-sulfate de fer, et un phosphate double de fer et de cuivre. Le phosphate de protoxyde de fer le plus commun a pour formule $Fe^4 \ddot{P}$. On connaît un phosphate de cuivre de même formule. En formant un sel double de cette formule, il resterait 977 atomes de protoxyde de fer, correspondant à 488 atomes de peroxyde de fer, lesquels, combinés avec les 309 atomes d'acide sulfurique, produiraient le sous-sulfate de peroxyde, qui abandonnait de l'acide sulfurique dans le tube chauffé à la lampe.

Le minéral de Bieiros pouvait donc être considéré comme un mélange du chlorophosphate (Pb Cl) + 3 $(Pb_r^3 Fe^3) P^5$, avec une petite quantité du phosphate double $(Fe_r^4 Cu^4) P^5$, et un sous-sulfate de fer. L'eau qu'il renferme appartiendrait au phosphate double et au sous-sulfate. Dans cette supposition, qui est la plus vraisemblable, le minéral qui nous occupe serait composé de :

Digitized by Google

Chlorophosphate de plomb et de fer. 0,4792	Acide hydrochlorique.	0,0160	0,0650
	Oxyde de plomb.	0,0490	
	Acide phosphorique.	0,0535	0,3045
	Oxyde de plomb.	0,2510	
	Acide phosphorique.	0,0415	0,1097
	Protoxyde de fer.	0,0682	
Phosphate double de cuivre et de fer. 0,0542	Acide phosphorique.	0,0165	
	Oxyde de cuivre.	0,0250	
	Protoxyde de fer.	0,0127	
Sous-sulfate de fer. 0,3083.	Acide sulfurique.	0,0750	
	Peroxyde de fer.	0,2333	
Eau.		0,0875	
Argile (gangue).		0,0600	
		0,9792	

RÉSULTATS PRINCIPAUX

Des expériences faites en 1839, dans le laboratoire de Villefranche;

Par M. SENEZ, Ingénieur des mines.

1° *Calcaires des environs de Villefranche.*

Ces calcaires ont été recueillis dans les tranchées qu'on vient de faire pour l'achèvement du chemin vicinal de grande communication de Villefranche à Cajarc.

Ils appartiennent tous deux à la partie supérieure du calcaire à bélemnites qui est recouvert à quelque distance de Villefranche par l'oolithe ferrugineuse exploitée à Farrou, Saint-Tyest, etc.

Le premier provient des couches supérieures; il est d'un blanc grisâtre, compacte, à cassure conchoïde. Il contient :

Argile.	0,025
Carbonate de chaux. .	0,810
Carbonate de magnésie.	0,105
Oxyde de fer.	0,020
	0,960

Le calcaire n° 2 provient d'une couche inférieure et très-puissante. Il est d'un gris jaunâtre et tacheté de calcaire noir très-compacte. Son grain est généralement assez fin, en sorte qu'on pourra l'employer comme marbre.

Il a donné à l'analyse les résultats suivants :

Digitized by Google

Argile.	0,020
Carbonate de chaux. .	0,890
Carbonate de magnésie.	0,050
Oxyde de fer.	0,020
	0,980

2o *Efflorescence saline des mines du Rial.*

On a construit depuis plusieurs années, dans la concession houillère du Rial, près de Firmy, de nombreux barrages, destinés à isoler les travaux neufs de ceux plus anciens où le feu s'était déclaré.

C'est contre ces barrages que se déposent, après un certain temps, des efflorescences salines, tantôt en aiguilles soyeuses très-fines, tantôt en masses compactes ou mamelonnées. Elles sont neutres, solubles dans l'eau, et ont une saveur très-amère. Elles contiennent :

Acide sulfurique.	0,31
Magnésie.	0,17
Eau.	0,39
Résidu insoluble.	0,13
	1,00

3° *Fer spathique de Pradines.*

Il existe au-dessous de Pradines, au milieu des schistes talqueux qui forment en cet endroit les rives du Viaur, un beau filon de fer spathique et de plomb sulfuré. Quelques fouilles entreprises par la compagnie des mines de cuivre et de plomb du Rouergue ont mis ce gisement à découvert sur une assez grande étendue. Quelquefois le fer carbonaté est presque pur, il est alors d'un blanc

Digitized by Google

nacré, à cassure conchoïde, et on n'y aperçoit plus que quelques mouchetures isolées de galène; d'autres fois, au contraire, le fer spathique est complétement imprégné de plomb sulfuré : il se présente alors en masse compacte grise et très-pesante.

L'analyse du fer spathique blanc a donné les résultats suivants :

Carbonate de fer. . . .	0,82		
Carbonate de magnésie.	0,08		
Gangue.	0,10		
Sulfure de plomb. . . .	traces		
	1,00	Fonte à l'essai.	0,385

Quant au plomb sulfuré qui accompagne ordinairement le minerai, il rend à l'essai 82 p. 0/0 de plomb pur, très-ductile et ne contenant que des traces d'argent.

4° *Fer spathique de Magnols.*

Ce minerai est de couleur blonde à grandes lames très-éclatantes; il est traversé dans tous les sens par quelques filets cristallins de carbonate de chaux, et mélangé de sulfate de baryte qui forme la masse principale de l'affleurement du filon. On y trouve accidentellement quelques mouchetures de pyrite cuivreuse et de galène.

Il contient :

Carbonate de fer.	0,75
Carbonate de magnésie.	0,11
Carbonate de manganèse.	0,07
Carbonate de chaux. . . .	0,04
Sulfate de baryte. . . .	0,03
	1,00

Digitized by Google

5° *Fer carbonaté de l'Hermie.*

Ce minerai est en rognons disséminés dans les schistes houillers, et n'a pas encore été exploité; il contient :

Carbonate de fer. . . .	0,74
Carbonate de manganèse.	0,11
Carbonate de chaux. . .	0,09
Gangue.	0,06
	1,00

6° *Fer carbonaté de Lasalle.*

Les travaux entrepris au puits n° 3 de Lasalle, pour rechercher la couche de fer carbonaté lithoïde qu'on y a exploité jusqu'ici, ont traversé des schistes houillers au milieu desquels on a rencontré çà et là quelques rognons épars de fer spathique d'un gris noirâtre formé de noyaux de couleur plus foncée, enveloppés dans une pâte plus claire, au milieu de laquelle on distingue quelquefois des géodes tapissées de fer pyriteux, de fer oligiste et de chaux carbonatée.

Ce minerai contient :

Carbonate de fer. . . .	0,68
Carbonate de manganèse.	0,08
Carbonate de magnésie.	0,04
Carbonate de chaux. . .	0,12
Gangue.	0,08
	1,00

7° *Cuivre pyriteux de la Légrie, près la Serène.*

Une galerie d'écoulement, destinée à l'assèchement des travaux que la compagnie des mines

Digitized by Google

de plomb et de cuivre du Rouergue a entrepris près de la Légrie, a été ouverte sur un filon quartzeux très-puissant, et abondamment chargé de pyrite cuivreuse, de minerai de cuivre plombeux et antimonial, et de plomb sulfuré. Toutes ces substances ont été analysées au laboratoire de Villefranche.

25 grammes de pyrite cuivreuse bien lavée ont été grillés avec soin, et fondus ensuite avec une quantité suffisante de flux noir. Le culot de cuivre obtenu n'était pas sensiblement magnétique, et pesait 7gr.,70, ce qui correspond à un rendement de 30,80 p. 0/0.

Le cuivre s'est entièrement dissous dans l'acide nitrique, ce qui annonce que la pyrite de la Légrie n'est pas aurifère.

Le même minerai, essayé par voie humide, a donné les résultats suivants :

Cuivre.	33,10
Fer.	28,40
Soufre.	31,90
Résidu insoluble.	5,35
	98,75

8° *Cuivre gris de la Légrie.*

Ce minerai fait partie du filon dont il vient d'être question; il en occupe ordinairement la partie centrale sur une épaisseur variable de deux à six pouces. Il est généralement pur, d'un gris noirâtre, d'un éclat gras, quelquefois chatoyant, très-friable.

L'analyse en a été faite d'après le procédé de M. Berthier. 5 grammes de minerai porphyrisé

Digitized by Google

ont été traités par l'acide muriatique bouillant et concentré ; on a évaporé à sec et repris par l'alcool afin de séparer tout le chlorure de plomb ; la liqueur filtrée, sursaturée d'ammoniaque, a donné l'acide antimonieux : on a ensuite dosé le cuivre. Les résultats obtenus sont les suivants :

	gr.			
Chlorure de plomb.	3,03	Plomb. . .	2,59	518
Acide antimonieux.	0,200	Antimoine .	0,16	32
		Cuivre. . .	0,93	186
		Soufre et perte. . .	1,32	264
		Traces de fer.		
			5,000	1,000

9° *Galène de Légrie.*

Cette galène, qui, dans la galerie d'écoulement dont on vient de parler, est peu abondante, forme quelquefois la partie principale du filon de la Légrie. Ainsi au bas du puits ouvert sur la crête près du ruisseau de Pichiguet, elle occupe une bande qui a souvent jusqu'à 8 et 10 pouces d'épaisseur.

Elle est à facettes larges, d'une nuance bleuâtre et accidentellement mélangée de pyrite cuivreuse.

Elle rend à l'essai 2 onces 3 gros d'argent par quintal.

10° *Galène de Prox.*

On trouve sur les bords de la Serène, entre la Légrie et Najoc, un filon quartzeux compacte, tantôt cristallin, mélangé de fer spathique, blanc nacré et traversé par plusieurs bandes de galène argentifère, accidentellement mélangées de cuivre

Digitized by Google

gris. Cette galène rend à l'essai 0,005 d'argent, ce qui correspond à 8 onces par quintal.

11° *Jamesonnite de Las-Parets.*

Un gisement fort remarquable de cette substance a été récemment découvert en rectifiant la côte de la Grailherie sur la route de Milhau à Sévérac-le-Château.

Le terrain environnant est formé d'un calcaire jaune saccaroïde, régulièrement stratifié, très-magnésien et traversé par de nombreux faisceaux de sulfate de baryte dans quelques parties, et notamment à Las-Parets. Ce calcaire est géodique caverneux, et les géodes sont remplis de rognons de jamesonnite, tantôt pure, tantôt mélangée de baryte. Quelquefois et principalement dans les bancs inférieurs, le calcaire devient très-compacte; le minerai ne s'y trouve plus alors que par fragments de la grosseur du poing, et faisant parfaitement corps avec la roche. J'ai vainement recherché dans les environs le filon dont je supposais d'abord que ces amas n'étaient qu'une ramification; il n'en existe aucun indice, et quelques fouilles faites à Las-Parets même tendent à établir que la substance minérale dont il est ici question n'y existe qu'accidentellement, et en quelque sorte comme une dépendance de la formation dolomitique de la Grailherie.

Ce minerai a été analysé par l'acide muriatique concentré, et a donné les résultats suivants :

Plomb.	2,44	488
Cuivre	0,33	66
Antimoine.	0,86	172
Soufre et perte. .	1,37	274
	5,00	1,000

Digitized by Google

12° *Écume des cuves à céruse de Vialas.*

Depuis quelque temps les usines de Vialas utilisent une partie de leurs litharges pauvres en les employant à la fabrication de la céruse. Le procédé suivi dans cet établissement consiste à injecter dans les cuves, au moyen de pompes foulantes, le gaz acide carbonique obtenu de la combustion de la houille.

Cette opération détermine la formation, à la surface du bain, d'une écume d'un blanc grisâtre qu'on sépare avec soin parce qu'elle altérerait la couleur de la céruse qui est ordinairement d'un blanc magnifique, et supérieure sous beaucoup de rapports aux céruses de Lille et de Paris.

Il existe à la fonderie de Vialas une grande quantité de ces écumes qu'on n'a pas encore essayé de traiter, mais dont on pourrait facilement tirer parti. Leur composition n'est pas toujours constante; toutefois les résultats ci-dessous obtenus de quatre analyses différentes en donnent une idée assez juste.

On a trouvé pour moyenne :

Acétate de plomb. .	0,33	66
Carbonate de plomb.	3,55	710
Sulfate de plomb. .	0,84	168
Litharges.	0,28	56
Cuivre.	traces	
	5,00	1,000

Le culot de plomb obtenu de 10 grammes de substance bien desséchée a donné un bouton d'argent pesant 0,0155 correspondant à une teneur de 2 onces $\frac{1}{2}$ par quintal.

Digitized by Google

13° *Essai d'affinage par cristallisation.*

On repasse au fourneau à manche les litharges pauvres qui sont trop sales pour être employées à la fabrication de la céruse, ou pour être converties en litharge rouge et en minium.

J'ai profité de cette circonstance pour faire, concurremment avec M. l'ingénieur Solberge, l'essai du procédé Patenson. On construisit dans ce but, sur un des côtés du fourneau à manche, un petit fourneau carré dans lequel étaient fixées trois chaudières hémisphériques en fonte; nous chargeâmes d'abord en litharges pauvres pendant quarante-huit heures, afin d'opérer exclusivement sur les plombs marchands, et lorsque la dernière coulée fut faite, nous prîmes environ 150 kil. de plomb liquide qu'on versa dans la première cuve. L'opération eut lieu très-rapidement et avec la plus grande facilité; nous suivîmes exactement le procédé indiqué par MM. Leplay et Sentis (*Annales des mines*, t. 10 et 14), et en moins d'une demi-heure les 150 kil. de plomb avaient produit environ :

50 kil. de plomb	tenant encore	3 gros.
50	»	5 ½
50	»	1 once 1 gr. 36 grains.

J'ai réitéré ces essais un très-grand nombre de fois au laboratoire de Villefranche, et comme le plomb soumis à la cristallisation ne renferme que 6 gros par quintal, on voit qu'une seule opération a suffi pour accroître sa richesse en argent de plus de 50 p. 0/0.

Digitized by Google

L'administration de Vialas se propose d'ailleurs d'entreprendre sur une échelle plus grande de nouveaux essais dont j'indiquerai ultérieurement les résultats.

Digitized by Google

SUPPLÉMENT

AU TRAITÉ DE L'AÉRAGE DES MINES (1),

Contenant l'exposé des faits nouveaux consignés dans les Mémoires relatifs au même sujet, publiés par les soins de l'Académie royale des sciences et belles-lettres de Bruxelles, la réponse à quelques objections faites au Traité de l'aérage, la théorie complète des ventilateurs à force centrifuge, et de la vis employée comme machine soufflante ou aspirante, appelée vis pneumatique, et les résultats des nouvelles expériences sur les lampes de sûreté, faites par la commission instituée à Liége par le ministre des travaux publics de Belgique.

Par M. Ch. COMBES, Ingénieur en chef des mines.

L'Académie des sciences et belles-lettres de Bruxelles avait, dans son programme pour le concours de 1840, proposé la question suivante : *Rechercher et discuter les moyens de soustraire les travaux d'exploitation des mines de houille aux chances d'explosion*. Par arrêté du 22 juin 1839, S. M. le roi des Belges, sur le rapport du ministre des travaux publics, ajouta une somme de 2,000 fr. au prix fondé par l'Académie.

Quatorze mémoires ont été adressés à l'Académie, en réponse à la question qu'elle avait proposée. Ils ont été examinés par une commission composée de MM. d'Omalius d'Halloy, Dumont,

(1) *Annales des mines*, tom. XV.

Digitized by Google

Dehemptinne et Cauchy. L'Académie, conformément aux conclusions du rapporteur, M. Cauchy, a décidé qu'elle n'accorderait pas le prix, par le motif que les Mémoires et le Traité de l'aérage des mines, que j'ai publiés dans les tomes XIII et XV des *Annales des Mines*, avaient comblé en grande partie la lacune qui existait, à l'époque où l'Académie avait mis au concours la question proposée, dans les traités spéciaux d'exploitation; mais que trois médailles d'or, de la valeur de 800 fr. chacune, seraient offertes aux auteurs des mémoires inscrits sous les nos 11, 13 et 7, et deux médailles d'argent aux auteurs des mémoires inscrits sous les nos 3 et 10. Elle a, en outre, voté l'impression de ces cinq mémoires et du rapport de la commission instituée à Liége, pour l'essai des lampes de mines. Les mémoires récompensés par une médaille d'or sont dus à MM. Boisse, ancien élève externe de l'École des mines, directeur des mines de houille de Carmaux (Tarn), J. Gonot, ingénieur en chef des mines de la province du Hainaut, et Gustave Bischoff, professeur de chimie et de technologie à l'université de Bonn. Les deux mémoires récompensés par des médailles d'argent sont dus à MM. Lemielle de Namur, et Motte de Marchiennes-au-Pont.

Le désir de justifier l'opinion honorable émise par les commissaires de l'Académie de Bruxelles sur mes travaux relatifs à l'aérage des mines, et de répandre, autant qu'il est en moi, parmi les personnes qui s'occupent d'exploitation, des connaissances exactes et complètes sur les moyens de prévenir les événements désastreux qui se renouvellent trop souvent dans nos mines de houille, me déterminent à publier cette addition à mon

Digitized by Google

Traité de l'aérage. Je ferai connaître succinctement les faits nouveaux contenus dans les mémoires récompensés par l'Académie de Bruxelles, ainsi que les moyens qui ont été proposés ; je discuterai les uns et les autres. Je profiterai de cette occasion pour compléter, ou rectifier quelques passages de mon mémoire sur l'aérage. Si je défends quelquefois mes opinions contre les critiques dont elles ont été l'objet, ce ne sera point par un vain amour-propre d'auteur, mais parce qu'il me paraîtra convenable de le faire, dans un but d'utilité.

§ 1. *Sur la composition des gaz inflammables qui se développent dans les mines.*

M. Gustave Bischoff, professeur à l'université de Bonn, a examiné la composition chimique des gaz inflammables provenant de diverses mines de houille. Les résultats de ses analyses l'ont conduit à cette conclusion, que les gaz inflammables des houillères n'ont point une composition identique, et ne sont pas simplement du gaz des marais, hydrogène protocarboné, mélangé d'un peu d'air atmosphérique et de gaz acide carbonique, mais qu'il y a plusieurs variétés de gaz inflammables, ou *grisoux* ; que ces gaz sont généralement des mélanges, en diverses proportions, de gaz des marais et de gaz oléfiant, avec un peu d'azote et de gaz acide carbonique. M. Bischoff publie les analyses de trois gaz. Le premier (A) a été recueilli dans la galerie de la mine de Gerhard (terrain houiller de Saarbrück). Il provient d'un *soufflard*, qui arrive au jour par une fissure du rocher, dans une galerie à travers bancs. Le gaz sort de la fissure, sous une pression peu diffé-

rente de celle de l'atmosphère, de sorte qu'il ne put être recueilli par le moyen ordinaire, sur la cuve pneumatique. Il fut aspiré dans un vase préalablement rempli d'eau, garni vers le bas d'un robinet, et, sur son sommet, d'un autre robinet, auquel s'adaptait un tuyau de plomb, dont l'autre extrémité était lutée dans la fissure. En ouvrant le robinet inférieur, l'eau s'écoulait, et le gaz aspiré par le tuyau supérieur venait remplir l'espace abandonné par l'eau.

Le deuxième gaz (B) provenait de la mine de Wellesweiler (terrain houiller de Saarbrück). Il se dégageait d'une fissure, sous une pression capable de surmonter une colonne d'eau de 3 pouces de hauteur. Il fut recueilli sur la cuve pneumatique.

Le troisième gaz (C) sortait d'un puits foré dans une mine de la principauté de Schaumbourg, dans un terrain de lias, renfermant une couche de houille de 21 pouces. Il sortait sous une pression supérieure à la pression atmosphérique. Il a été recueilli en se servant du tuyau de pompe placé dans ce trou, comme d'une cuve pneumatique.

Gaz (A).

1° M. Bischoff a recherché si ce gaz contenait de l'oxygène, et n'a pas trouvé qu'il en renfermât une quantité déterminable;

2° Il troublait l'eau de chaux, et la quantité de gaz acide carbonique s'élevait à 0,039 du volume. La quantité primitive devait être plus considérable, puisque le gaz avait été recueilli sur l'eau, et mis en contact multiplié avec elle;

3° Le chlore, ajouté au gaz dans un flacon

d'hyalite opaque, donnait une absorption si faible, que, d'après cette expérience, l'existence du gaz oléfiant reste un peu douteuse. S'il y existe, son volume ne s'élève pas au delà de 0,0025 du volume total ;

4° M. Bischoff s'est assuré qu'il ne renferme ni oxyde de carbone, ni vapeurs inflammables, susceptibles d'être absorbées par l'acide sulfurique ;

5° Sa pesanteur spécifique est à peu près de 0,6513, celle de l'air étant prise pour unité ;

6° D'après trois analyses exactes, à l'aide de l'eudiomètre, un volume de gaz, purgé d'acide carbonique, mêlé à trois volumes d'oxygène, donnait, par la détonation, une absorption de 1,7012 en volume, et il se formait 0,8704 volume d'acide carbonique; d'où résulte la composition suivante :

Gaz des marais, hydrogène protocarboné.	0,8308
Gaz oléfiant, hydrogène bicarboné. . . .	0,0198
Gaz étranger.	0,1494

D'après les recherches les plus soigneuses, dit M. Bischoff, ce gaz étranger était de l'azote. L'analyse du gaz, au moyen de l'oxyde de cuivre, a donné à peu près les mêmes résultats.

Gaz (B).

Ce gaz ne contient pas d'oxygène, ni oxyde de carbone, ni vapeurs inflammables, absorbables par l'acide sulfurique.

Il troublait l'eau de chaux, et renfermait de 0,041 à 0,043 en volume d'acide carbonique.

Le chlore, ajouté au gaz, dans un flacon d'hyalite opaque, absorbait 0,038, selon la moyenne de plusieurs expériences.

Digitized by Google

La pesanteur spécifique était de 0,5742, celle de l'air étant 1.

D'après trois analyses, à l'aide de l'eudiomètre, qui s'accordaient de très-près, M. Bischoff a trouvé qu'un volume de gaz mêlé avec trois volumes d'oxygène donnait, par la détonation, une absorption de 1,9535, et qu'il se formait 1,0399 volume d'acide carbonique; d'où résulte la composition suivante :

Hydrogène protocarboné.	0,9136
Hydrogène bicarboné. . .	0,0632
Gaz étranger.	0,0232

La quantité du gaz étranger étant très-petite, on n'en pu déterminer la nature avec une certitude satisfaisante; M. Bischoff ne doute pas que ce ne soit de l'azote. L'analyse, au moyen de l'oxyde de cuivre, a donné les mêmes résultats.

Gaz (C).

Ce gaz ne contenait pas plus que les autres d'oxyde de carbone, ni de vapeurs inflammables. Il troublait l'eau de chaux.

Le chlore, ajouté dans un flacon d'hyalite opaque, absorbait 0,0656 en volume.

D'après quatre analyses eudiométriques, qui s'accordaient de très-près, on a trouvé qu'un volume de gaz, mêlé à trois volumes d'oxygène, donnait, par la détonation, une absorption de 1,9041, et qu'il se formait 1,1131 volume d'acide carbonique; d'où il suit que ce gaz renferme :

Hydrogène protocarboné.	0,7916
Hydrogène bicarboné. . .	0,1611
Gaz étranger.	0,0479

M. Bischoff regarde comme très-probable que

Digitized by Google

ce gaz est de l'azote ; mais il ne s'en est point encore assuré.

Tous les chimistes qui ont analysé les gaz inflammables qui se dégagent dans les mines de houille, Davy, M. Thompson, M. Henry, et, plus récemment, M. Turner, ont trouvé qu'ils étaient uniquement formés de gaz des marais, mêlé accidentellement avec un peu d'acide carbonique et d'air atmosphérique. M. Bischoff est le premier, à ma connaissance, dont les analyses indiquent cette diversité de nature dans les gaz inflammables de diverses localités. Il est aussi, je crois, le premier qui ait analysé un gaz inflammable, provenant d'un autre terrain que le terrain houiller proprement dit ; et il est bien remarquable que ce soit précisément ce dernier gaz, provenant de la formation de lias, avec couches de houille, qui lui ait donné une proportion assez considérable de gaz oléfiant, 16 p. 100 en poids. Il serait peut-être permis de croire que le gaz oléfiant, indiqué dans les gaz recueillis dans les mines de Gerhard et de Wellesweiler, est le résultat d'une erreur d'analyse ; c'est ce que je laisse à apprécier aux chimistes qui se sont occupés d'analyses de gaz. M. Bischoff fait lui-même l'observation, que le volume absorbé par le chlore indique une quantité de gaz oléfiant moindre que celle qui résulte des calculs de la composition, par suite de l'analyse à l'eudiomètre, calculs fondés sur cette base, que l'hydrogène protocarboné exige pour sa combustion deux volumes d'oxygène, et produit un volume d'acide carbonique. Mais il ne paraît pas admissible, d'après les recherches analytiques de M. Bischoff, et aussi d'après ses autres expériences qui seront rapportées plus loin, que le gaz (C), provenant de la

principauté de Schaumbourg, soit semblable aux gaz (A) et (B), et à tous les autres gaz venant du terrain houiller proprement dit, analysés par les chimistes anglais. C'est surtout sous le rapport de cette différence entre des gaz provenant de terrains différents, et de l'uniformité à peu près complète de tous ceux qui se dégagent des terrains houillers proprement dits, que les expériences de M. Bischoff nous paraissent nouvelles et importantes. (Voir dans les Annales des mines, les analyses de gaz inflammables recueillis dans divers terrains houillers de l'Angleterre, par M. Turner.)

D'après les essais de M. Bischoff, le gaz (B), mêlé à 16 ou 17 parties d'air atmosphérique, ne détonne pas, quand on fait passer à travers le mélange deux fortes étincelles de la bouteille de Leyde. Le gaz (C), mêlé dans la même proportion, et dans les mêmes circonstances extérieures, à de l'air atmosphérique, donne encore lieu à une détonation, mais très-faible.

Les gaz (B) et (C) détonnent tous deux très-fortement, quand ils sont mêlés avec 7 parties d'air atmosphérique en volume.

Ils ne détonnent plus, ni l'un ni l'autre, quand le mélange ne renferme que 6 parties d'air en volume.

M. Bischof a soumis à un grand nombre d'expériences des lampes de sûreté de différents diamètres, et munies de gazes métalliques plus ou moins serrées, dans les trois gaz (A, B et C) : les expériences sur le gaz (A) ont été faites dans une cavité creusée à cet effet, dans la partie supérieure de la galerie où se dégageait le gaz. Cette excavation, haute de 14 pieds, longue de 5 et

Digitized by Google

large de 3 et 1/2, avait par conséquent une capacité de 245 pieds cubes. On fit six espèces de tissus en fil de laiton, et de chaque espèce on forma cinq cylindres de diamètres différents, de manière qu'on eut 30 cylindres dont les diamètres et le nombre des orifices au pouce carré sont indiqués dans le tableau suivant.

NOMBRE des orifices au pouce carré.	DIAMÈTRES EXPRIMÉS EN LIGNES.				
	18,5	21,5	26	28	37
380	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
308	6	7	8	9	10
184	11	12	13	14	15
162	16	17	18	19	20
104½	21	22	23	24	25
58	26	27	28	29	30

Lampes de 380 *ouvertures au pouce carré.*

1. La lampe n° 1 fut tirée dans l'espace rempli de grisou. Le tissu fut tout de suite chauffé au rouge. La lampe s'éteignait dès qu'elle était tirée plus haut. Elle était suspendue dans l'espace pendant dix minutes.

2. Il en fut de même de la lampe n° 2.

3. La lampe n° 3 fut chauffée au rouge, lorsqu'on lui donna un mouvement de rotation assez rapide. Après qu'elle eut été suspendue dans cet état, pendant dix minutes, la ficelle à

Digitized by Google

laquelle elle était attachée brûla, la lampe tomba, mais sans donner lieu à une explosion.

4. La lampe n° 4 fut chauffée tout de suite au rouge, quand on la faisait tourner rapidement. Après cinq minutes, elle s'éteignit avec une espèce de bourdonnement. Le réservoir d'huile et le cylindre étaient si chauds, qu'on pouvait à peine les toucher.

5. La lampe n° 5 fut à l'instant chauffée au rouge, en lui donnant un mouvement de rotation rapide. On la laissa dans cet état pendant huit minutes; après ce temps, il y eut une explosion. En examinant le tissu de plus près, on trouva qu'il avait été brûlé, parce qu'il était resté trop longtemps à l'état d'incandescence.

Les 5 lampes ayant 308 ouvertures au pouce carré furent soumises à des essais semblables : on les tint pendant un intervalle de temps de 5 1/2 à 8 1/2 minutes, suspendues dans ce mélange explosif, en les agitant de temps en temps. Quand on retirait les lampes, l'huile bouillait dans le réservoir. Il n'y eut point d'explosion dans aucun cas.

Les lampes n°s 11, 12, 13 et 14, ayant des enveloppes de 184 ouvertures au pouce carré, furent soumises aux mêmes épreuves.

La lampe n° 11 fut aussitôt chauffée au rouge. Au bout de six minutes, on lui imprima un mouvement très-rapide pendant une minute. Il n'y eut pas d'explosion.

La lampe n° 12 devint tout de suite rouge ; elle s'éteignit au bout de deux minutes.

La lampe n° 13 devint aussi rouge à l'instant ; elle resta suspendue pendant sept minutes et demie.

La flamme, devenue très-intense, jetait des

Digitized by Google

étincelles. Elle s'éteignit sans explosion quand on donna à la lampe un mouvement rapide.

La lampe n° 14, garnie d'une gaze de 184 ouvertures au pouce carré et de 28 lignes de diamètre, communiqua tout de suite l'incendie au dehors. Les autres lampes ne furent pas expérimentées.

(Ces essais ont été faits non par M. Bischof lui-même, mais par M. Müller, maître mineur en chef à Louisenthal.)

On essaya aussi les lampes dans le gaz (B) de la mine de Wellesweiler ; mais les essais ne furent ni aussi nombreux, ni aussi décisifs. M. Bischof croit avoir reconnu que le gaz (B) donne lieu à des mélanges plus fortement explosifs que le gaz (A), ce qui confirmerait le résultat de l'analyse chimique. Mais les essais n'ont pas été faits avec assez de soin pour qu'il soit permis de regarder le résultat comme certain.

Enfin, M. Bischof a essayé les lampes de sûreté dans le gaz inflammable sortant du puits artésien de la principauté de Schaumbourg, lequel contient, d'après son analyse, 16 p. o/o de gaz oléfiant. Il plaçait tout simplement la lampe à essayer, allumée, dans l'orifice du tuyau de pompe. Il a trouvé que toutes les lampes qui étaient parfaitement sûres dans les gaz (A) et (B), ne l'étaient plus ici, et communiquaient l'incendie au dehors. Il essaya alors les lampes dont on se servait dans le territoire de Schaumbourg, et dont les enveloppes avaient 620 ouvertures au pouce carré. *Dans aucune circonstance, il ne fut possible de faire communiquer à ces cylindres l'incendie du dehors.* Ainsi donc le gaz (C) était bien plus dangereux que les gaz (A) et (B), et les résultats de l'analyse chimique se trouvent confirmés.

Digitized by Google

Des faits exposés ci-dessus, il résulte évidemment que le gaz qui se dégage dans le terrain de lias avec couches de houille de la principauté de Schaumbourg, est différent de ceux qui ont été recueillis dans le terrain houiller de Saarbrücken, et présente beaucoup plus de danger, ce qui tient principalement à la quantité assez considérable de gaz oléfiant qu'il renferme. D'un autre côté, les analyses de gaz recueillis dans divers terrains houillers proprement dits, par les chimistes anglais Davy, Thompson, Henry, Dunn et Turner, s'accordent toutes pour indiquer que ces gaz ne sont que le gaz des marais, mêlé d'un peu d'air atmosphérique, d'azote et d'acide carbonique, sans mélange sensible de gaz oléfiant. M. Bischof lui-même n'a trouvé que d'assez faibles quantités de ce dernier gaz dans les excavations du terrain houiller de Saarbrücken. Il paraît donc que les gaz inflammables, provenant des terrains houillers proprement dits, seraient partout à peu près de même nature, tandis que la seule analyse que nous possédions d'un gaz provenant d'un autre terrain indiquerait une composition chimique différente et un degré d'inflammabilité plus prononcé. Les résultats obtenus par M. Bischof engageront sans doute les chimistes à entreprendre de nouvelles analyses de gaz provenant de formations diverses. Il serait intéressant de savoir si la composition chimique de ces émanations varie généralement avec les terrains d'où elles proviennent.

§ II. *Sur la propriété de diffusion des gaz.*

M. Gonot, ingénieur en chef à Mons, frappé de ce que le gaz acide carbonique est toujours for-

Digitized by Google

tement concentré dans les parties basses, tandis que le gaz inflammable se concentre dans les cloches et les parties élevées des excavations, en tire la conséquence « que les gaz que l'on ren- » contre fréquemment dans les houillères, ne » jouissent pas ou ne jouissent qu'à un très-faible » degré de la propriété de diffusion, et que l'on » s'exposerait à de graves accidents, si l'on ne » tenait aucun compte de la tendance que mon- » trent les gaz à se séparer les uns des autres, » suivant l'ordre de leurs densités, aussitôt que » cette tendance est favorisée par une disposition » mal entendue des tailles et des travaux. » (P. 161 du recueil....) Précédemment, M. Gonot a rappelé un long passage du mémoire de James Ryan, imprimé en 1823 dans les *Annales des mines*, où l'on trouve les expressions suivantes : « Main- » tenant, lorsque nous considérons que le gaz » hydrogène est beaucoup plus léger que l'air » commun, et qu'il flotte dessus comme de l'huile » sur de l'eau, il est évident qu'il doit s'accumuler » dans les parties les plus élevées de chaque si- » nuosité de sa course, précisément de la même » manière que de l'air qui, s'étant logé dans la » partie supérieure d'un tuyau de conduite re- » courbé, rétrécit le passage et finit par arrêter » tout à fait le courant, à moins qu'il ne soit » poussé par une grande force d'impulsion. »

Il est évident que l'on s'exposerait à de graves accidents, si l'on ne tenait pas compte de la tendance des gaz à se disposer d'abord suivant l'ordre de densités. En cela, je suis complétement d'accord avec M. Gonot, et j'ai énoncé les mêmes principes, dans mon mémoire sur l'aérage (p. 177). Mais j'ai insisté aussi sur la propriété de diffusion

Digitized by Google

des gaz, dont les conséquences sont également d'une très-grande importance dans la conduite des travaux des mines. Pour fixer tout à fait l'opinion à ce sujet et corriger ce que les assertions de M. Gonot ont d'erroné, ou du moins de trop absolu, je citerai un passage du Traité de chimie de M. Berzélius, et le mémoire de T. Graham sur la propriété diffusive des gaz.

« Lorsqu'on dégage une certaine quantité, par » exemple de gaz hydrogène, dans l'air atmosphé» rique, ce gaz commence bien par s'élever; mais » en s'élevant il se mêle peu à peu avec l'air, dans le» quel il finit par être uniformément répandu. La » même chose arrive au gaz acide carbonique et » au gaz oxygène, qui tombent d'abord dans les ré» gions basses, mais qui se répandent ensuite de » tous les côtés. Une bouteille ouverte qu'on rem» plit de gaz oxygène, et qu'on laisse tranquille, » devrait rester pleine de ce gaz, qui est plus pe» sant que l'air; cependant au bout de deux » heures elle n'en contient pas davantage qu'il » n'y en a dans l'air de la chambre. De même » une bouteille renversée devrait conserver le gaz » hydrogène qu'on y introduit : mais quelques » heures après, ce gaz a totalement disparu. Les » gaz se mêlent ensemble de la même manière » que le font les liquides, et le mélange est par» faitement proportionnel sur tous les points, sans » que la pesanteur puisse le détruire, dans l'état » de repos absolu. Ainsi, quelque temps qu'on » laisse en repos un mélange d'alcool et d'eau, » ces deux corps ne se séparent jamais l'un de » l'autre. » (Berzélius, Traité de chimie, 1er vol., p. 390 de la traduction française.)

Des expériences de T. Graham sur la diffusion

des gaz, il résulte que la propriété diffusive est d'autant plus marquée que les gaz sont moins denses; ayant renfermé des gaz purs dans un tube de 9 pouces de long et 0,9 de pouce de diamètre, fermé par un bouchon auquel était adapté un tube recourbé de 0,07 pouce de diamètre environ, et ce tube ayant été placé horizontalement dans une boîte pleine d'air, l'ouverture du petit tube étant tournée en haut quand le gaz était plus lourd, et en bas quand il était plus léger que l'air, T. Graham a trouvé qu'après quatre heures, il était sorti du tube

$\frac{124}{152}$ de gaz hydrogène;
$\frac{66}{152}$ de gaz des marais;
$\frac{63}{152}$ de gaz ammoniaque;
$\frac{53}{162}$ de gaz oléfiant;
$\frac{48}{152}$ de gaz acide carbonique;
$\frac{42}{152}$ de gaz acide sulfureux;
$\frac{36}{152}$ de chlore.

(*Quarterly J. of science* 1829, extrait dans les *Annales des mines*, t. 1, 3[e] série, p. 39.)

Ainsi il n'est pas exact de dire, comme le fait M. Gonot, que les gaz montrent *une tendance à se séparer les uns des autres par ordre de densités*. Lorsque les gaz sont mélangés une fois, ils n'ont aucune tendance à se séparer. Il n'est pas vrai non plus que l'hydrogène flotte sur l'air, comme de l'huile sur de l'eau, et que ce gaz, accumulé au sommet des sinuosités des galeries parcourues par le courant d'air, agisse comme l'air qui se loge dans la partie supérieure d'un tuyau de conduite. Aucun fait observé dans les mines ne justifie ces assertions. Qu'observe-t-on en effet?

Digitized by Google

que le gaz inflammable, *lorsqu'il se dégage dans une galerie, se trouve concentré dans les parties les plus élevées,* que l'acide carbonique, dans les mêmes circonstances, est concentré dans les parties basses. Cela doit être ainsi, parce qu'il y a dans le voisinage un dégagement continu de ces gaz, lesquels ne se mêlent pas à l'air instantanément. Mais on n'a jamais cité d'exemple qui prouve que des gaz inflammables ou de l'acide carbonique, une fois délayés dans un courant d'air atmosphérique, se soient séparés de la masse pour s'accumuler dans les parties hautes ou dans les parties basses, ou dans les angles des galeries parcourues par le courant.

Il résulte de là qu'il est en effet très-important de conduire l'air, dans tous les cas, de telle sorte que la diffusion des gaz soit favorisée par la différence de pesanteur spécifique de l'air et du gaz que l'on veut entraîner; qu'ainsi il faut faire, autant que possible, circuler l'air en montant, dans les tailles où il se dégage du gaz inflammable, en descendant dans celles où il se dégage du gaz acide carbonique. Mais le courant, une fois sorti des galeries où se dégagent les mofettes, peut circuler dans des voies montantes ou descendantes, sans qu'on ait à craindre que les gaz mêlés se séparent de nouveau; mais il ne faut pas croire, comme le dit M. Ryan, qu'il soit possible, avec une voie d'aérage supérieure aux tailles, et des trous de fleuret ou de petites galeries qui mettraient en communication, de distance en distance, la voie d'aérage et les tailles, de purger le courant circulant dans celles-ci, de telle façon qu'on soit à l'abri de tout danger d'explosion. En un mot, il y a impossibilité complète de prévenir la diffusion des mo-

Digitized by Google

fettes dans le courant ventilateur ; il faut favoriser autant que possible cette diffusion, sauf les cas très-rares où le gaz peut être réuni dans un tuyau, à la sortie de la roche et conduit au jour. Il y a impossibilité de séparer les gaz une fois mélangés, et le courant qui, après avoir passé sur les tailles, retourne au jour par la voie d'aérage, est généralement un mélange entièrement uniforme d'air atmosphérique et de gaz nuisibles.

Il m'a paru indispensable d'insister sur ce point, parce que les assertions si positives d'un ingénieur aussi expérimenté que M. Gonot, sur la non-diffusibilité, ou la très-petite diffusibilité des gaz que l'on rencontre dans les mines, et la confiance qu'il accorde aux assertions de M. J. Ryan pourraient induire dans de graves erreurs quelques directeurs d'exploitation. D'une part, il semblerait que les travaux seraient parfaitement sûrs, parce que le courant ventilateur aurait une marche constamment ascensionnelle dans une mine à grisou, ce qui ne serait pas vrai. D'un autre côté, on serait conduit à regarder comme tout à fait impossible, d'aérer une galerie à grisou, par un courant descendant dans cette galerie, et à faire, pour éviter cette disposition, des dépenses tout à fait hors de proportion avec leur utilité réelle.

§ III. *De l'influence des variations de la pression de l'air sur l'abondance des gaz qui se dégagent dans les mines.*

M. Bischof n'admet point l'influence des variations de pression atmosphérique, sur l'abondance du gaz inflammable, qui se dégage dans les mines de houille. Il pense que la force de formation de ce

Digitized by Google

gaz est très-grande, puisqu'il peut encore se dégager des pores de la houille, ou de la roche, sous des pressions de plusieurs atmosphères, et qu'en conséquence les variations de pression barométrique ne peuvent avoir qu'une influence inappréciable sur le phénomène. Il attribue l'accroissement d'affluence de gaz, quand le baromètre baisse, signalé par M. Buddle et par tous les directeurs de houillères de l'Angleterre, à un aérage devenu moins actif, par le fait même des influences atmosphériques.

J'ai admis complétement, dans mon mémoire sur l'aérage, et j'admets encore comme acquis à l'art des mines, le fait signalé par les ingénieurs anglais, et que j'avais déjà eu l'occasion de remarquer. J'en ai donné l'explication dans mon deuxième mémoire sur le mouvement de l'air dans les tuyaux de conduite, *Annales des mines*, t. 12, 1837, p. 460 et suiv., auquel je renvoie le lecteur. Je me bornerai à rappeler ici, que c'est surtout dans les mines, où il existe de vieux travaux d'une grande étendue, remblayés ou non, et des soufflards, que le phénomène de l'influence des variations barométriques se fait particulièrement sentir (Mémoire sur l'aérages des mines, p. 178). Je ne saurais admettre, avec M. Bischof, que l'accumulation plus grande des mofettes par les temps pluvieux, et en général quand le baromètre baisse, soit uniquement le résultat d'un aérage plus mauvais, ou d'autres causes par lesquelles il explique la formation du gaz inflammable. J'y vois un simple effet des variations de pression atmosphérique, effet *temporaire seulement*, et qui n'est point en contradiction avec la possibilité de l'écoulement du gaz, sous des pressions

bien supérieures à la pression atmosphérique.

M. Gonot, p. 198 à 199 du Recueil, paraît aussi attribuer la plus grande abondance du gaz, par les temps orageux, et quand le baromètre baisse, à un ralentissement du courant d'air ventilateur, provenant de ce que la combustion du foyer est moins vive. Cependant il ajoute :

« C'est surtout dans les mines où il y a d'anciens » travaux abandonnés, que cet effet de la diminu- » tion de pression atmosphérique se fait sentir ; » mais ceci tient encore à une autre cause : c'est » que les couches ayant été exploitées de bas en » haut, suivant leur inclinaison, le gaz hydrogène » s'est accumulé dans les tailles, comme dans des » espèces de cloches. Lorsque la pression augmente, » le volume de gaz diminue, et l'air pur des gale- » ries, remplit l'espace qu'il est forcé d'abandon- » ner. Lorsque la pression diminue, le gaz se » détend et vient se répandre dans les galeries, où » il peut causer les plus grands malheurs. Du » reste, l'on conçoit que ces variations de tempé- » rature, de pression et d'état hygrométrique de » l'atmosphère, peuvent exercer une très-grande » influence sur la circulation de l'air, dans les » mines où le courant est toujours très-faible, et » dû à une aussi faible pression. »

Par cette expression DANS LES TAILLES, M. Gonot entend sans doute désigner l'espace exploité et remblayé, qui se trouve en arrière des ouvriers, dans les mines de la Belgique et du département du Nord. Mais je ne vois pas pourquoi M. Gonot suppose que le gaz s'accumule dans ces remblais, *comme* dans des cloches, parce que la couche a été exploitée de bas en haut, suivant l'inclinaison. S'il en était ainsi, le gaz s'accumulerait surtout

au sommet de la cloche, dans l'espace vide où travaillent les ouvriers, et où passe le courant d'air ventilateur. Or, il ne peut s'y accumuler, puisqu'il est incessamment balayé par le courant, et qu'autrement le travail serait impossible. Le gaz s'accumule réellement dans les interstices vides, existant entre les remblais, parce qu'en général il se dégage non-seulement de la couche exploitée, mais encore, le plus fréquemment, du toit ou du mur de cette couche. Il y reste, parce que ces interstices ne sont point aérés; il se répand dans les galeries avoisinantes, lentement, quand la pression extérieure demeure constante; il cesse de sortir, quand le baromètre monte, et c'est alors l'air extérieur qui, *temporairement*, entre dans les remblais où le gaz se condense; il en sort plus abondamment quand le baromètre baisse. Voilà, en peu de mots, l'explication que j'ai donnée dans les passages cités de mes mémoires sur le mouvement de l'air et l'aérage des mines; M. Gonot, si je l'ai bien compris, dit exactement la même chose; mais il attribue à la position des remblais, à la direction des tailles, etc., une influence qui, évidemment, n'existe pas. Sans doute il serait absurde de pratiquer une taille montante, suivant l'inclinaison, dans une couche où le grisou serait abondant, parce que le gaz, sortant de la masse et des remblais, tendrait, en vertu de sa légèreté spécifique, à envahir l'endroit où travaillent les ouvriers; mais je ne sache pas que personne ait conseillé de faire des travaux de ce genre, et, pour ce qui me concerne, je n'en ai jamais vu faire de pareils. En général, les tailles sont poussées partout suivant la direction des couches, à moins que celles-ci ne soient très-peu inclinées.

Digitized by Google

Dans la page 199, M. Gonot exprime l'opinion que le gaz hydrogène carboné que j'ai vu se dégager de la couche de Latour, sous une pression de 10^{m} d'eau, était le produit d'un sac intérieur, rempli de gaz comprimé, qui se vidait. A cet égard, M. Gonot se trompe; le dégagement a duré beaucoup trop longtemps, sans diminuer d'intensité, pour qu'il soit possible d'admettre son explication. D'ailleurs, les exemples bien avérés de gaz inflammables qui arrivent au jour en soulevant des colonnes d'eau très-élevées, soit dans des mines de houille, soit dans des puits artésiens, sont assez nombreux pour me dispenser d'insister sur ce point.

§ IV. *Sur la formule qui donne la vitesse et le volume de l'air qui circule dans une mine.*

M. Gonot trouve trop compliquée la formule que j'ai donnée dans le deuxième chapitre de mon mémoire sur l'aérage. Il pense, en outre « qu'elle » a l'inconvénient de ne pas faire ressortir les » principaux éléments de la résistance au mouve- » ment de l'air, et la manière dont ils se trouvent » combinés dans les travaux des mines. (p. 166 » et 167 du Recueil.) » Il dit ensuite qu'après avoir étudié toutes les formules données par M. Peclet, dans son Traité de la chaleur, et déduites de ses propres expériences sur le tirage des cheminées, et de celles de M. d'Aubuisson, sur le mouvement de l'air dans les tuyaux de conduite, il a cherché à les appliquer à la détermination de la vitesse de l'air dans les travaux des mines, et qu'il est arrivé à des résultats qui cadrent si bien avec les faits observés, qu'il ne peut résister au désir de consigner le résumé de son travail.

Digitized by Google

Voici le mode de calcul de M. Gonot. Il obtient la vitesse moyenne de l'air par la formule

$$V=8,85\sqrt{\frac{ah(t'-t)D}{L}},$$

dans laquelle a est le coefficient de dilatation des gaz, $t'-t$ l'excès de température de l'air sortant de la mine sur l'air entrant, en degrés centigrades; h la hauteur verticale de la colonne d'air échauffé, D le diamètre moyen du canal parcouru par le courant, et L la longueur totale de ce canal. Il obtient le diamètre moyen D de la manière suivante :

Il fait les produits respectifs des longueurs par les sections moyennes des puits et galeries. Il ajoute ces produits, et divise la somme par la longueur totale L du parcours. Le quotient est la section moyenne, dont il prend le diamètre moyen en considérant cette section comme un cercle. C'est à la section moyenne ainsi obtenue que se rapporte la vitesse V; de sorte que, pour avoir le volume d'air sortant, il fait le produit de cette section par la vitesse V.

On voit qu'en admettant un coefficient numérique bien choisi, M. Gonot calcule tout simplement le volume d'air débité, comme si le canal parcouru avait partout une section uniforme, circulaire et égale à la section moyenne. Or, comme M. Gonot admet, avec tout le monde, que la résistance due au frottement de l'air, dans le canal parcouru, est proportionnelle au carré de la vitesse, il est évident que sa formule donnera des résultats très-écartés de la vérité, toutes les fois que l'ensemble des galeries et de spuits n'aura réellement pas une section uniform ed'un bout à

Digitized by Google

l'autre. Je rendrai la chose sensible par un exemple numérique bien simple. Supposons que l'air s'écoule d'un réservoir, par un long tuyau composé de deux parties cylindriques de longueurs égales, mais de diamètres différents. Soit D le diamètre de la première partie, D' le diamètre de la seconde, L la longueur de chaque partie. Je suppose D plus grand que D'. Je suppose en outre que la longueur L soit assez grande, pour qu'il soit permis de négliger les résistances dues à l'entrée de l'air dans les conduites, à la *contraction*, pour ne tenir compte que du frottement. Supposant la résistance du frottement proportionnelle au carré de la vitesse de l'air, et désignant par H *la hauteur motrice*, on aura, en calculant comme M. d'Aubuisson, comme M. Navier, enfin comme tout le monde, le volume d'air Q, sortant par l'extrémité de la conduite :

$$Q=\sqrt{\frac{2gH}{\frac{2\times4\times16\times6}{\pi^2}\,L\left(\frac{1}{D^5}+\frac{1}{D'^5}\right)}},$$

Dans laquelle π est le rapport de la demi-circonférence au diamètre, 6 le coefficient que l'on adoptera pour le frottement.

Calculons maintenant à la manière de M. Gonot.

La section moyenne sera

$$\frac{\frac{\pi LD^2}{4}+\frac{\pi LD'^2}{4}}{2L}=\frac{\pi}{4}\times\frac{D^2+D'^2}{2},$$

à quoi correspond le diamètre moyen

$$\sqrt{\frac{D^2+D'^2}{2}},$$

Digitized by Google

La dépense Q d'un tuyau de longueur 2L, et d'un diamètre égal à

$$\sqrt{\frac{D^2+D'^2}{2}},$$

serait, pour une même hauteur H, et une même valeur de 6.

$$Q=\sqrt{\frac{2gH}{\frac{2\times4\times16\times6}{\pi^2}\times 2L\times\frac{1}{\left(\frac{D^2+D'^2}{2}\right)^{\frac{5}{2}}}}},$$

On voit tout de suite que ces deux valeurs de Q sont loin d'être égales ; la première est à la seconde dans le rapport de

$$\sqrt{2\times\frac{1}{\left(\frac{D^2+D'^2}{2}\right)^{\frac{5}{2}}}} \text{ à } \sqrt{\frac{1}{D^5}+\frac{1}{D'^5}},$$

Si l'on suppose par exemple D = 2 mètres et D' = 1 mètre, ce rapport devient celui de 0,45 à 1,01, c'est-à-dire que la formule de M. Gonot donne une dépense plus que double de la dépense réelle.

Ainsi, le mode de calcul de M. Gonot est inexact, non pas seulement dans quelques cas particuliers, que l'auteur signale lui-même, mais dans tous les cas. S'il trouve que sa formule s'accorde merveilleusement avec les résultats de mes observations dans les mines d'Anzin, publiées à la suite de mon traité sur l'aérage, c'est qu'il s'est donné lui-même les sections transversales des galeries parcourues par le courant d'air, galerie dont je n'ai indiqué que les longueurs. Ainsi, on ne

Digitized by Google

peut aucunement prendre pour vrais, ou même pour proportionnels aux effets qui auraient lieu réellement, les divers résultats numériques calculés d'après cette formule, et qu'il a réunis en tableaux.

Je n'ai publié, dans mon mémoire, aucun calcul numérique sur le mouvement de l'air, parce que les galeries, dans lesquelles j'opérais, étaient tellement irrégulières que je n'avais aucun espoir d'arriver à des résultats utiles, et que d'ailleurs je n'avais pu faire assez d'observations barométriques et thermométriques simultanées, pour qu'il me fût possible d'appliquer la formule à une mine entière. Cependant j'avais calculé, au moyen de mes observations, le diamètre de tuyaux cylindriques capables de débiter, sous les pressions barométriques observées, le même volume d'air que certains bouts de galerie; et j'ai toujours trouvé que quand ces galeries étaient encombrées d'obstacles, sinueuses ou irrégulières, elles donnaient lieu aux mêmes résistances qu'un tuyau d'un diamètre beaucoup plus petit qu'elles. J'en citerai deux exemples. La galerie, de 280 mètres de longueur, qui conduit de la fosse Pauline au pied du puits de la Védette (Voyez note 3, annexée à mon mémoire sur l'aérage), galerie irrégulière et mal entretenue, débite $1^{mc},15$ d'air par seconde, d'après la moyenne de deux jaugeages, dont les résultats diffèrent peu l'un de l'autre. Voici les observations faites dans cette galerie. Près du puits *Pauline*, la section de la galerie est à peu près un trapèze, dont les côtés parallèles ont $1^{m},05$ et $1^{m},24$, et dont la hauteur est de $0^{m},77$; l'aire de cette section est de $0^{mq},881$.

Digitized by Google

En ce point où un jaugeage a été exécuté, on a eu :

Température du courant d'air.	16°,5
Hauteur du mercure dans le baromètre. .	0m.,7578
Température du mercure.	16°,5

J'ai suivi cette galerie jusqu'au bas de la fosse *Vèdette*. Tout près de ce dernier puits, elle est creusée dans le roc dur, sur une petite longueur. Sa section est régulière dans cet intervalle, et l'aire de cette section est de 1mc,653. (Ce bout de galerie, large, n'a pas plus de 10 mètres de longueur, et le surplus de la galerie est tellement étroit qu'on la parcourt avec beaucoup de difficulté.)

En ce dernier point où le second jaugeage a été fait, j'ai eu :

Température du courant d'air.	16°
Hauteur du mercure dans le baromètre. .	0m.,7585
Température du mercure.	16°

Enfin, d'après les plans des mines de la compagnie d'Anzin, l'extrémité de la galerie, près de la fosse Védette, est à 23 mètres de distance verticale au-dessous du point où avaient été faites les premières observations.

Si maintenant on désigne par D le diamètre d'un tuyau cylindrique de 280 mètres de longueur, capable de débiter 1mc,15 par seconde, à la température et sous les pressions observées, on calculera le diamètre D par l'équation :

$$1,15=4,429\sqrt{\frac{\frac{13598}{q_{\prime}}(h'_{0}-h'_{\prime})+\text{H}\times\frac{1+\alpha\times 16}{1+\alpha\times 16,25}}{\frac{1286}{\pi^{2}}\times\frac{280}{\text{D}^{5}}+\frac{32\times 2,3}{\pi^{2}\text{D}^{5}}\log.\frac{1+\alpha\times 16}{1+\alpha\times 16,5}}}$$

(Voyez la pag. 64 de mon mémoire sur l'aérage).

Digitized by Google

Formule dans laquelle α est le coefficient de dilatation des gaz, 6 le coefficient du frottement de l'air ; H la distance verticale = 23 mètres ; π le rapport de la circonférence au diamètre. Ne connaissant pas la densité de l'air humide qui passe dans la galerie, j'y supplée approximativement en prenant $\alpha = 0,004$, comme on le fait d'ordinaire, dans les formules barométriques, et dans les applications au mouvement de l'air : je prends pour le poids du mètre cube d'air sec, sous la pression de $0^m,79$ de mercure, à 0^d, $1^k,3$, et partant, j'ai :

$$q_1 = 1,3 \times \frac{0,7585\left(1 - \frac{16}{5550}\right)}{0,76} \times \frac{1}{1 + 0,004 \times 16}.$$

Je ramène les hauteurs de mercure h'_0 et h'_1 à la température de 0°. Je néglige le dernier terme du dénominateur, parce que le logarithme qui y entre comme facteur est extrêmement petit ; et je trouve enfin, après avoir remplacé 6 par 0,0032, et effectué tous les calculs numériques, que le numérateur de la quantité sous le radical, la *hauteur motrice*, est égal à 22,9568 — 8,797 = 14 ,1598, et qu'ainsi l'équation se réduit à

$$1,15 = 4,889\sqrt{D^5},$$

d'où

$$D = \sqrt[5]{\left(\frac{1,15}{4,889}\right)^2} = 0,5605.$$

Ainsi donc, cette galerie tortueuse et mal entretenue, offre à l'air qui y circule les mêmes résistances qu'un tuyau cylindrique de même longueur, dont le diamètre serait de $0^m,56$, et par conséquent la section de $0^{mc},25$. Les résistances

y sont plus fortes que dans tout le parcours, beaucoup plus étendu de 1.031 mètres, qui précède cette galerie.

En appliquant les mêmes calculs au puits de la Védette, où l'air remonte, pendant que les tonnes d'eau y circulent, on trouve que les résistances, dans ce puits, sont équivalentes à celles qu'éprouverait l'air, dans un tuyau cylindrique de même longueur, et de $0^{m},896$ de diamètre seulement.

Ces résultats sont bien propres à mettre en évidence le mauvais effet des galeries rétrécies et irrégulières, des étranglements, etc. Cependant il ne faudrait pas trop les généraliser, parce que de petites erreurs d'observation modifieraient beaucoup les résultats, et surtout qu'ils peuvent être compliqués de circonstances locales, dont l'influence ne peut être appréciée. Dans les recherches de ce genre, on ne pourra tirer de conclusions un peu sûres que d'observations très-multipliées, et faites dans des mines très-diverses. Comme je n'en avais pas recueilli un assez grand nombre, je n'ai pas voulu les publier encore, et je m'en suis tenu aux lois générales du mouvement de l'air dans les conduites, qui sont aujourd'hui suffisamment connues par les expériences de MM. Girard et d'Aubuisson.

M. Gonot dit encore, à la page 184, qu'il résulte de sa formule, « que les hautes cheminées, » qui surmontent, la plupart du temps, en Belgique, les puits d'aérage, ne sont pas aussi inutiles que le prétend M. Combes. »

Sous le rapport de l'influence de la hauteur de la colonne d'air chaud, la formule de M. Gonot ne donne pas d'autres résultats que les formules employées avant lui, par d'autres ou par moi-

Digitized by Google

même. Dans toutes, les volumes d'air sortant sont proportionnels aux racines carrées des hauteurs de la colonne d'air échauffée, quand on fait abstraction des différences de résistances dues aux longueurs inégales du conduit. M. Gonot n'a donc pas innové là-dessus, et il pourra s'en convaincre, en relisant le § 30 de mon Traité de l'aérage. Je n'ai point nié que les cheminées n'augmentassent le tirage, quand on les établissait sur des puits de 10 mètres de profondeur, et qu'on leur donnait une hauteur de 60 mètres; mais j'ai dit que la disposition des foyers d'aérage, usitée dans le Hainaut, et qui consiste à les placer au bas de puits particuliers peu profonds, que l'on surmonte de cheminées plus ou moins hautes, est vicieuse; qu'il faut établir les foyers vers le fond des puits, et que quand ceux-ci ont une profondeur un peu considérable, supérieure par exemple à 200 mètres, on ne gagne presque rien à les surmonter de cheminées. Je pense que M. Gonot est aussi de cet avis.

La question des cheminées d'aérage est tellement simple que je n'aurais pas cru utile d'en parler ici, si le savant rapporteur de la commission de l'Académie de Bruxelles, dans l'analyse qu'il a faite du mémoire de M. Gonot, n'avait pas reproduit textuellement le passage que j'ai cité en dernier lieu.

Je m'empresse de dire que le chapitre second du mémoire de M. Gonot, se termine par des principes généraux, qui sont, pour la plupart, fort sages, et auxquels on reconnaît l'ingénieur expérimenté. Toutefois il y a encore là quelque chose de trop absolu dont la pratique ne saurait s'accommoder.

Digitized by Google

Ainsi, après avoir insisté sur la grande utilité de la division du courant en plusieurs branches, M. Gonot ajoute :

« Lorsque la galerie ou les galeries sont très-» longues, et d'une petite section relativement à » celle des puits, la résistance des parois de ces » puits au mouvement de l'air peut être négligée, » parce que la vitesse y est très-petite ; c'est donc » la galerie presque seule qui ralentit la vitesse de » l'air, et l'on se trompe gravement lorsqu'on » intercepte en tout ou en partie le passage de » l'air, par d'autres galeries d'une moindre lon-» gueur. L'on parvient bien ainsi à diminuer la » dépense d'air aux tailles les plus rapprochées des » puits, et dans les puits, mais non à en faire » passer une plus grande quantité aux tailles les » plus éloignées; en un mot, sans parer à aucun » inconvénient, on rend insuffisant l'aérage de » toute la mine. »

Tout ce paragraphe est la condamnation *absolue* des portes d'aérage, au moyen desquelles on règle la distribution de l'air, dans les mines étendues. Comme ces portes sont indispensables dans les couches de houille exploitées autrement que par remblai immédiat, c'est-à-dire dans presque toutes les mines de houille de l'Angleterre, et du centre de la France; comme elles deviennent même, à mon avis, nécessaires dans beaucoup de cas, dans les couches de houille peu puissantes de la Belgique et du département du Nord, je dois examiner de près la question tranchée par l'auteur.

Supposons qu'il y ait dans une mine deux tailles exploitées, à la manière d'Anzin et de la Belgique, avec remblais en arrière; que dans

Digitized by Google

l'une de ces tailles, le parcours du courant soit de 1 000 mètres; que dans l'autre, le parcours soit de 2 000 mèt. Négligeons, comme le veut M. Gonot, les résistances dans les puits et les galeries où circule la totalité de l'air, avant la division, et après la réunion. Il est évident que les volumes d'air qui arriveront aux deux tailles, seront sensiblement, entre eux dans le rapport inverse des racines carrées des longueurs des parcours respectifs, si toutefois les galeries ont des dimensions égales de part et d'autre. Ainsi dans l'exemple particulier choisi, ces volumes seront comme 1 à $\sqrt{2}$, ou 1 : 1,414. Donc, pour que la taille la plus longue soit suffisamment aérée, il faudra faire circuler dans l'ensemble des deux galeries un volume d'air total qui soit égal à 2,414 fois le volume qui ira à cette taille.

Supposons maintenant que l'on mette une porte régulatrice devant la taille la plus courte, et qu'on l'arrange de manière qu'un volume d'air égal arrive sur les deux tailles; ce sera alors, comme si la taille la plus courte avait pris une longueur de 2 000 mètres, comme la première. Le volume nécessaire, pour aérer l'ensemble des deux tailles, sera au volume qui était nécessaire dans le premier cas, comme 2 est à 2,414. La force motrice à dépenser, pour l'aérage, étant d'ailleurs mesurée par le produit du poids de l'air, qui entre dans la mine, multiplié par la hauteur motrice, il en résulte évidemment que la hauteur motrice restant la même dans les deux cas, l'on dépensera une force motrice, ou plutôt *un travail moteur* plus grand dans le premier cas que dans le second, et cela dans le rapport de 2 à 2,414, bien que nous ayons négligé toutes les

Digitized by Google

résistances que l'air éprouve, dans le reste du parcours où il n'est pas divisé.

Ce serait bien autre chose, si les tailles avaient des longueurs plus inégales, si, au lieu de deux tailles, il y en avait sept ou huit d'inégales longueurs.

Je ne crois pas utile d'insister davantage sur ce point, et je me résume en disant : 1° qu'en effet les portes régulatrices sont des obstacles qui, toutes choses égales d'ailleurs, diminuent le volume d'air total qui circule dans la mine; 2° que ces portes, en effet, toutes choses égales d'ailleurs, ne feraient pas passer plus d'air sur les tailles plus longues, si l'on négligeait les résistances que l'air éprouve dans le parcours des puits et galeries, avant la division et après la réunion de toutes les branches partielles; 3° j'ajoute que néanmoins, même dans ce dernier cas, les portes régulatrices seraient encore utiles, parce qu'elles limitent la quantité d'air, qui irait *inutilement* passer sur les tailles les plus courtes, et gêner peut-être les ouvriers qui y travaillent; qu'en limitant cette quantité d'air, elles diminuent, dans la même proportion, la dépense de force motrice nécessaire pour l'aérage (soit la dépense de combustible, si c'est un foyer, soit celle de *travail moteur*, si c'est une machine), dépense dont M. Gonot ne tient aucun compte; 4° je dis en outre qu'il n'est pas permis de négliger, en général, les résistances au mouvement, dans les puits et dans les voies générales, qui aboutissent aux tailles, pour y conduire, ou pour ramener le courant d'air, et qu'alors les portes régulatrices font réellement arriver une plus grande quantité d'air, aux tailles les plus éloignées, et deviennent, dans la plupart des circon-

Digitized by Google

stances de la pratique, tout à fait indispensables. Si l'on me répond qu'il n'y a qu'à faire les tailles d'égale longueur, je conviendrai volontiers qu'il vaudrait mieux que cela fût ainsi, mais j'ajouterai que la plupart du temps cela n'est pas possible, et qu'en fait d'*arts industriels*, les spéculations purement théoriques ne sont point à leur place.

§ V. *Sur les moyens de déterminer les courants d'air ventilateurs dans les mines.*

Plusieurs moyens nouveaux sont proposés, dans les mémoires dont l'Académie de Bruxelles a publié le recueil.

M. Gonot proscrit entièrement les foyers d'aérage, comme dangereux dans les mines à *grisou*, même dans le cas où ils sont alimentés par un filet d'air pur venant de la surface, comme dans les mines du département du Nord. Cet arrêt me paraît trop absolu : la commission de l'Académie de Bruxelles en a jugé de même. Je renvoie aux détails circonstanciés, contenus dans mon mémoire sur l'aérage, et à la lecture du travail de M. Gonot pour apprécier les motifs de ces opinions diverses.

M. Gonot propose de remplacer les foyers d'aérage par un jet de vapeur d'eau, qu'il fait arriver au fond du puits de sortie de l'air, à une profondeur de 200 mètres, par exemple, au moyen d'un tuyau de $0^m,20$ de diamètre environ, établi dans un angle du puits, et venant déboucher à peu près au pied de ce puits, par son extrémité inférieure, recourbée verticalement de manière à donner au jet de vapeur, comme au courant d'air, une direction ascendante. La vapeur serait prise dans des chaudières particulières, ou même ce serait celle

Digitized by Google

qui aurait produit son effet mécanique, dans des machines sans condenseur, servant à l'extraction de la houille. Lorsque les machines ne fonctionneraient pas, on entretiendrait au besoin le jet de vapeur, en l'empruntant directement à la chaudière, au moyen d'un branchement particulier, muni d'un robinet.

La première idée d'employer un jet de vapeur, pour déterminer un courant d'air, paraît très-ancienne. Delorme, dans le liv. 9, chap. 8 de son Architecture, propose, comme moyen d'empêcher les cheminées de fumer, « de se servir de » deux pommes creuses de cuivre de cinq ou six » pouces de diamètre au plus; ayant fait un petit » trou en dessus, il faut les remplir d'eau, ensuite » les placer dans la cheminée, à la hauteur de 4 ou » 5 pieds, afin qu'elles puissent s'échauffer jus- » qu'au point que l'eau étant suffisamment chaude, » elle s'évaporera par le petit trou; les vapeurs » raréfiées sortiront rapidement, etc. »

Dans ces derniers temps, M. Pelletan est, je crois, le premier qui ait proposé de jeter la vapeur sortant des cylindres des machines locomotives dans la cheminée, pour activer le tirage, et ce procédé est aujourd'hui exclusivement employé dans les machines de cette espèce. Enfin, M. A. de Vaux, ingénieur en chef de la province de Liége, a publié en 1836 une note très-intéressante, dans laquelle il propose un nouveau moyen d'appliquer la vapeur à l'épuisement des eaux et à l'aérage des mines. Ce moyen consiste :

Quant à l'épuisement,

« A développer par des appareils, établis à la » surface, la vapeur, élément de la force motrice » employée, et à conduire cette vapeur dans l'in-

Digitized by Google

» térieur, en la garantissant du refroidissement » et de la condensation, jusqu'aux points où l'on » a besoin d'appliquer la force motrice, pour opé- » rer l'épuisement des eaux de la mine avec le » plus de simplicité et le moins de dépense de » force possible. »

Et quant à l'aérage :

« A emprunter à un tuyau à vapeur, servant » ou non à l'épuisement, et placé dans la bure » d'aérage, la chaleur nécessaire pour déterminer » une aspiration suffisante, et l'ascension de l'air » des travaux par cette bure. »

Il est certainement possible d'échauffer la colonne d'air montante par un puits d'aérage, *à la vapeur*, c'est-à-dire aux dépens de la chaleur fournie par la condensation de la vapeur, soit qu'on la fasse circuler dans un tuyau fermé, au bas duquel on recueillerait l'eau provenant de la vapeur condensée, soit en faisant jaillir cette vapeur dans l'air, au bas du puits, comme l'indique M. Gonot. Mais ce mode d'échauffer l'air ne me paraît pas devoir être économique, et donnera lieu à plusieurs difficultés, dont l'expérience seule peut faire apprécier la gravité. J'en indiquerai brièvement quelques-unes. Si l'on emploie une chaudière particulière, exclusivement consacrée à l'échauffement de l'air dans le puits,

1° On perdra toute la chaleur qui restera contenue dans l'air non brûlé, et dans les produits de la combustion. C'est, comme on sait, au moins le tiers, et souvent la moitié de la chaleur totale développée.

2° Le tuyau étant appliqué contre les parois du puits, parce qu'il faut le soutenir, et ne pas gêner le passage, la chaleur se transmettra partielle-

Digitized by Google

ment à la roche voisine du tuyau, d'où elle se perdra, par transmission, dans la roche contiguë;

3° Le tuyau devra être parfaitement garanti du contact des eaux, qui pourront découler des parois du puits; autrement une bonne partie de la chaleur serait employée à échauffer, ou vaporiser ces eaux, et ne serait rendue que très-imparfaitement à l'air ascendant;

4° La chaleur sera émise par le tuyau dans toute sa hauteur; ce sera comme si on avait un foyer qui occupât toute la hauteur verticale du puits; la chaleur émise par les parties supérieures contribuera peu à activer le tirage;

5° Enfin si on fait jaillir la vapeur au bas du puits, comme le propose M. Gonot, la vapeur se condensera bien et livrera sa chaleur latente; mais elle ne se condensera pas tout de suite; elle s'élèvera en colonne au milieu de l'air ascendant, auquel elle ne se mêlera que lentement, et l'on peut craindre qu'il ne se forme un courant assez rapide d'air et de vapeur, qui irait jusqu'à une grande hauteur dans le puits, peut-être jusqu'au jour, sans que la masse entière s'échauffât, de sorte qu'alors la vapeur agirait plutôt en entraînant de l'air, comme elle le fait dans les cheminées des machines locomotives, qu'en échauffant toute la masse, aux dépens de sa chaleur latente, ce qui vaudrait beaucoup mieux, sous le point de vue de l'économie du combustible. Je ne prétends pas que ces motifs, auxquels j'en pourrais ajouter quelques autres, soient de nature à faire rejeter péremptoirement, comme inadmissible, le mode d'échauffement de l'air par un jet de vapeur. Mais ils font voir que ce mode est moins économique que l'action directe d'un foyer d'aérage, et n'est

Digitized by Google

pas exempt d'autres difficultés. Si l'on dit que l'on utilisera la vapeur perdue des machines placées à la surface, parce qu'on emploiera des machines sans condenseur, je répondrai que ce sera toujours de la force perdue, puisqu'on aurait pu utiliser autrement la force motrice de cette vapeur, en adaptant des condenseurs aux machines, ce qui est presque toujours facile sur les mines, tandis que ce serait très-difficile dans les locomotives. J'ajouterai surtout qu'il n'est pas bon que l'aérage d'une mine soit subordonné à un autre service, parce que l'aérage ne doit jamais être interrompu, et que les autres services le sont forcément, à des intervalles plus ou moins rapprochés.

Il n'en est pas moins désirable que l'on fasse des expériences précises, propres à décider la question, qui, je le crois, n'est pas résolue par le mauvais succès que l'on a eu, en essayant de jeter de la vapeur d'eau à la base de quelques cheminées d'aérage.

M. Motte, ingénieur mécanicien à Marchiennes-au-Pont, après avoir critiqué les grandes machines aspirantes à pistons, construites en Belgique, depuis quelques années, et que j'ai fait connaître dans mon Traité de l'aérage, propose une *vis pneumatique*, composée « d'un cylindre » placé verticalement, communiquant par sa base » inférieure A, *Pl. IX*, *fig.* 1, avec les ouvrages » à aérer, et par sa base supérieure B, avec l'at» mosphère ; d'une vis C munie d'une poulie D, » placée dans le cylindre avec lequel elle fait axe » commun, et d'une petite machine à vapeur » dont le cylindre placé en E fait tourner le vo» lant F ; ce volant, faisant fonction de grande » poulie, est muni d'une courroie qui, passant » sur la poulie de la vis, fait tourner celle-ci sur

Digitized by Google

» son pivot, de manière à engager dans son pas
» l'air qui arrive par l'une de ses bases. »

La vis pneumatique de M. Motte n'est pas nouvelle ; M. Sochet, ingénieur de la marine au port de Toulon, avait proposé d'appliquer une vis tout à fait pareille à l'aérage de la cale des vaisseaux, dans un mémoire adressé le 10 mai 1834 au conseil des travaux de la marine, qui a décerné à l'auteur une récompense (1).

La vis pneumatique de M. Sochet et de M. Motte ne réaliserait pas, je pense, l'effet utile annoncé par ce dernier, 67 p. 100 du travail dépensé, d'après des expériences dont les résultats ne peuvent être discutés, parce que les données contenues dans son mémoire, pages 417 à 419, sont incomplètes. Je la regarde néanmoins comme réunissant les conditions principales d'un bon appareil d'aérage. J'estime que, moyennant une bonne construction, elle utilisera les $\frac{50}{100}$ environ du travail moteur transmis à l'axe de rotation, et que sous le rapport de l'économie du travail moteur, elle sera au moins aussi avantageuse que les grandes machines à pistons établies en Belgique depuis quelques années, et demeurera inférieure aux ventilateurs à force centrifuge établis conformément aux règles, qui seront indiquées ci-après. Elle a sur les machines à pistons l'avantage du bon marché, de la simplicité de construction et d'installation, d'un faible volume. Elle a en outre l'avantage de fonctionner à volonté comme machine soufflante, ou comme machine aspirante, sans aucune modification, et en changeant sim-

(1) J'ai appris tout récemment que M. A. de Soublakoff, lieutenant général au service de S. M. l'empereur de Russie, avait aussi employé, depuis longtemps, un appareil du même genre.

Digitized by Google

plement le sens du mouvement de rotation. Ceci la rend surtout propre à être employée, ainsi que l'a remarqué M. Motte, comme machine portative de *sauvetage*, lorsqu'il faut pénétrer, à la suite d'accidents, dans des cavités infestées de mofettes, pour secourir des ouvriers asphyxiés. Dans ce cas, elle devra généralement fonctionner comme machine soufflante. Elle pourra être établie, près de l'embouchure de la galerie infestée, en un point où le courant d'air général soit sain. En prolongeant successivement le canon de la vis, par des bouts de tuyaux en toile, enduits d'une matière qui les rende imperméables à l'air, on lancera dans la galerie infestée, de l'air frais qui fera refluer les gaz méphitiques, dans celle où sera installée la vis. Une cloison grossière en planches mal jointes, ou une simple toile sera établie en arrière de la machine, et les gaz méphitiques seront rejetés derrière cette cloison, pour qu'ils soient entraînés par le courant et ne reviennent pas vers la vis.

Avant d'exposer la théorie de cet appareil, je dirai quelques mots sur la critique que fait M. Motte des machines aspirantes à pistons, établies sur les fosses de Sacré-Madame, à Dampremy, et de Saint-Léonard, au Monceaux-Fontaine. L'auteur trouve, d'après ses observations, que la première utilise 0,064 et la seconde 0,061 du travail moteur développé par les machines à vapeur, qui les mettent respectivement en jeu. Il faut alors que ces machines se soient grandement détériorées, dans le temps qui s'est écoulé entre les observations que j'ai recueillies, et publiées dans mon Traité sur l'aérage, et les observations de M. Motte. J'ai trouvé en effet que chacun des pistons

Digitized by Google

de la machine de Sacré-Madame faisait 24 excursions complètes en 65 secondes, ou 23 $\frac{1}{2}$ par minute; que le degré de vide, dans le puits d'ascension de l'air, était mesuré moyennement par une colonne d'air de 50 millimètres. M. Motte a trouvé que, dans cette même machine, chaque piston ne faisait que 13 excursions par minute (26 pour les deux), page 414 du recueil, et que le degré de vide était mesuré moyennement par une colonne d'eau de 20 millimètres. Même différence quant à la machine de Saint-Léonard. Je trouve 15 excursions complètes, ou 30 excursions simples du piston de cette machine en 66 secondes, soit 27 par minute. Le degré du vide moyen est mesuré par 50 millimètres d'eau.

M. Motte ne trouve que 21 excursions par minute, et le degré du vide de 23 millimètres.

En définitive, ou on avait laissé ces machines se détériorer beaucoup, ou bien on ne les faisait pas agir avec leur vitesse ordinaire, lors des observations de M. Motte. En tous cas, je n'hésite pas à dire que les machines à pistons sont moins mauvaises qu'il n'a été conduit à le supposer.

Venons à la théorie de la vis : ses effets n'ont aucune analogie avec ceux de la vis soufflante de M. Cagnard-Latour, bien connue des mécaniciens, et dont l'emploi paraît avantageux. La Cagnardelle puise par son orifice supérieur, qui exécute la moitié de sa révolution dans l'air, et l'autre moitié sous l'eau, de l'eau et de l'air alternativement. L'air occupant toujours la partie la plus élevée de chaque spire, tandis que l'eau occupe la partie basse, descend de spire en spire, en se comprimant de plus en plus, sous les pressions des colonnes d'eau qui séparent les espaces occu-

Digitized by Google

pés par l'air, et finit par sortir au bas de la vis, sous une espèce de cloche, d'où il passe dans les porte-vents. Lorsque l'on prend une simple vis, qu'on la loge dans une cloison percée d'une ouverture cylindrique capable de la contenir, et qu'on la fait tourner suivant le système de M. Sochet et de M. Motte, l'air qui remplit la vis ne peut être délogé et ne peut circuler en sens inverse du mouvement de rotation imprimé à celle-ci, qu'en vertu de la pression déterminée par le choc de l'orifice antérieur de la vis sur l'air que cet orifice vient frapper, et du vide déterminé en arrière de son orifice postérieur, par suite du même mouvement. Il n'y a là aucun effet de force centrifuge ; car l'air peut sortir de la vis à la même distance de l'axe de rotation où il est entré, et je ne vois aucune raison pour que les choses se passent autrement. En un mot, la cause qui fait circuler l'air dans les canaux hélicoïdes, dont on peut concevoir le creux de la vis comme composé, me paraît être la même que celle qui ferait circuler de l'eau ou de l'air, dans un tuyau droit, ouvert par les deux bouts, auquel on imprimerait un mouvement de translation, au milieu d'une masse d'air ou d'eau stagnante, dans une direction formant avec l'axe du tuyau, le même angle que chaque canal hélicoïde forme avec le plan perpendiculaire à l'axe de la vis, plan qui est celui du mouvement de rotation. Pour que l'assimilation soit complète, il faudra concevoir que les plans des orifices antérieur et postérieur AB et CD du tuyau, *Pl. IX*, *fig.* 2, soient obliques à son axe, et perpendiculaires à la direction du mouvement de translation, de sorte que A désignant l'aire de l'un de ces orifices, et α l'angle

Digitized by Google

compris entre l'axe du tuyau et la direction du mouvement de translation, la section normale à l'axe du tuyau soit égale à A cos. α. Enfin, il faudra concevoir que la pression de l'air dans lequel s'avance l'orifice antérieur AB du tuyau, soit plus petite que la pression de l'air dans lequel est plongé son orifice postérieur.

Cela posé, soit v la vitesse de translation imprimée au tuyau, dans le sens xy; h_0, h_1 les pressions qui ont respectivement lieu dans les masses d'air où débouche le tuyau, par ses deux extrémités AB et CD, mesurées en colonnes d'air. La pression sur l'orifice antérieur AB du tuyau, sera augmentée de la hauteur due à la vitesse de translation, et, par conséquent, la circulation de l'air, dans le tuyau, sera la même que si, celui-ci étant immobile, la pression en AB était égale à $h_0+\frac{v^2}{2g}$, tandis qu'elle serait égale à h_1 sur l'extrémité CD. La vitesse relative d'écoulement, dans le sens zv, serait donc égale, abstraction faite des frottements, à

$$\sqrt{v^2-2g(h_1-h_0)},$$

et le volume d'air débité dans l'unité de temps, à

$$A\cos.\alpha\sqrt{v^2-2g(h_1-h_0)},$$

puisque A cos. α est la section normale à l'axe du tuyau. En ayant égard aux frottements et aux résistances à l'embouchure du tuyau, on aura, en appelant μ le coefficient de réduction de la vitesse théorique, P le périmètre de la section transversale dont l'aire est A cos. α, L la longueur du tuyau :

Digitized by Google

$$Q = A\cos.\alpha \sqrt{\frac{v^2 - 2g(h_1 - h_0)}{\frac{1}{\mu^2} + 2\epsilon \frac{PL}{A\cos.\alpha}}},$$

ϵ est le coefficient du frottement, que l'on peut prendre égal à 0,0032, suivant les expériences de M. d'Aubuisson, lorsqu'on admet que ce frottement croît proportionnellement au carré de la vitesse.

Lorsqu'on néglige toutes les résistances passives, on a $\mu = 1$, $\epsilon = 0$, et

$$Q = A\cos.\alpha \sqrt{v^2 - 2g(h_1 - h_0)}.$$

Si les pressions h_0 et h_1 sont égales,

$$Q = A\cos.\alpha \times v$$

et la vitesse avec laquelle l'air circule dans le tuyau, qui est égale à $\frac{Q}{A\cos.\alpha}$, devient égale à la vitesse même de translation v.

Pour que l'air circule de AB vers CD, il faut que l'on ait $v^2 > 2g\,(h_1 - h_0)$. Par exemple, pour un excès de pression $h_1 - h_0$, mesuré par une colonne d'eau distillée, de 5 centimètres de hauteur, équivalente à une colonne d'air de 38 mètres en nombres ronds, le poids du mètre cube d'air étant pris égal à $1^k,3$, v doit être plus grand que

$$\sqrt{19,6176 \times 38} = 27^m,30.$$

Pour toutes les valeurs de V, supérieures à cette limite, la vitesse de circulation et le volume d'air croîtront proportionnellement à

$$\sqrt{v^2 - 19,6176 \times 38},$$

puisque le dénominateur des valeurs de la vitesse et du volume Q demeure invariable.

En négligeant les résistances passives, on peut

Digitized by Google

former le tableau suivant des vitesses v imprimées au tuyau, et des vitesses correspondantes que l'air prendrait dans son intérieur.

Vitesses imprimées au tuyau.	Vitesses correspondantes de circulation dans le tuyau.
$v = 27^m,30$	$\frac{Q}{A\cos.\alpha} = 0$
30	$= 12^m,43$
40	$= 29^m,23$
50	$= 41^m,89$
100	$= 96^m,20$

Au delà de ce terme, la vitesse de l'air différerait très-peu de la vitesse v, à laquelle elle demeure toujours inférieure.

L'analogie de la vis pneumatique avec le tuyau rectiligne, que nous venons de considérer, est facile à saisir. Si l'on conçoit, en effet, l'appareil installé, *Pl. IX*, *fig.* 1, dans l'épaisseur d'une digue, qui sépare deux capacités contenant des fluides de même nature, mais sous des pressions différentes, il est visible que le fluide ne pourra passer d'une capacité dans l'autre, en traversant l'appareil, qu'en glissant sur la cloison hélicoïde, ou parallèlement à cette cloison, de sorte que les trajectoires des filets fluides, dans l'intérieur de l'appareil, seront des spires d'hélice de même pas que toutes celles qu'on peut tracer sur la cloison, et dont l'inclinaison sur l'axe commun de rotation dépendra de leurs distances à l'axe. Ainsi, tous les filets fluides qui chemineront entre deux surfaces cylindriques, infiniment rapprochées, dont les rayons seront r et $r+dr$, décriront, dans l'intérieur de la vis, des hélices égales à celle qui résulte de la section de la cloison hélicoïdale par la

surface cylindrique de rayon r. Si l'on désigne par α l'inclinaison des tangentes à cette hélice sur l'axe commun, par u la vitesse relative des particules fluides, le volume d'air total qui traversera, dans l'unité de temps, la surface annulaire comprise entre les deux circonférences de rayons r et $r+rdr$, sera évidemment égale à $2\pi rdr \times u \cos.\alpha$, ou bien à $pdr \times u \sin.\alpha$, p désignant le pas de la vis. Si la vis ne tourne pas sur son axe, la vitesse relative u sera aussi la vitesse absolue; mais si on laisse la vis libre, elle prendra évidemment un mouvement de rotation sur son axe, lequel sera dirigé en sens inverse de la vitesse des particules fluides, dans l'intérieur de l'appareil. La vitesse absolue d'une particule fluide sera la résultante de la vitesse relative u et de la vitesse wr que prennent, dans le mouvement de rotation, les points situés à la distance r de l'axe, w désignant la vitesse angulaire. Les trajectoires des filets, dans l'espace absolu, ne seront plus les hélices dont le pas est p et le rayon r, mais d'autres hélices tracées sur le cylindre de rayon r, et dont l'inclinaison sur les génératrices du cylindre et sur l'axe, dépendra à la fois de la vitesse relative u et de la vitesse angulaire w. La vitesse u peut être décomposée en deux autres, contenues dans le plan tangent à la surface cylindrique, sur laquelle l'hélice est tracée; et dirigées suivant la génératrice du cylindre, et suivant la tangente à la circonférence de rayon r. L'expression de la première composante est $u \cos.\alpha$. La seconde composante est $u \sin.\alpha$.

La composante $u \sin.\alpha$ et la vitesse de rotation wr se retranchent l'une de l'autre; de sorte que la composante de la vitesse absolue, dans le sens perpendiculaire à l'axe, est; $u \sin.\alpha - wr$. La com-

Digitized by Google

posante suivant la génératrice étant $u\cos.\alpha$, la vitesse absolue est égale à :

$$\sqrt{u^2+w^2r^2-2uwr\sin.\alpha},$$

et sa direction forme, avec la composante $u\cos\alpha$, ou avec l'axe de la vis, un angle dont le cosinus est égal à

$$\frac{u\cos.\alpha}{\sqrt{u^2+w^2r^2-2uwr\sin.\alpha}},$$

C'est le cosinus de l'inclinaison, sur l'axe de la vis des tangentes à l'hélice décrite, dans le mouvement absolu des particules fluides, qui passent à la distance r de l'axe; cette inclinaison est nulle, et les trajectoires des particules fluides deviennent par conséquent des droites parallèles à l'axe, lorsque le cosinus est égal à 1, c'est à dire lorsque l'on a :

$$u\cos.\alpha=\sqrt{u^2+w^2r^2-2uwr\sin.\alpha}.$$

Elévant les deux membres au carré, cette équation devient :

$$u^2\sin.^2\alpha+w^2r^2-2uwr\sin.\alpha=0,$$

$$(u\sin.\alpha-wr)^2=0,$$

$$u\sin.\alpha=wr.$$

Les particules fluides traversent alors l'appareil en ligne droite, comme si la cloison hélicoïde n'existait pas. Elle se dérobe, pour ainsi dire, devant le fluide arrivant; or, puisque sa présence ne modifie point la direction de la vitesse du faisceau fluide, ce faisceau ne peut exercer à son tour sur la cloison aucune pression normale; tout se réduit à l'action tangentielle du fluide sur la cloison, et de la cloison sur le fluide, c'est à dire

Digitized by Google

aux frottements. Si on fait pour un instant abstraction de ces frottements, la vitesse absolue de l'air sera précisément la vitesse due à l'excès de pression qui a lieu dans la capacité d'où sort le fluide, sur celle qui a lieu dans la capacité où il entre; de sorte que si nous appelons H la hauteur de la colonne fluide qui mesure cet excès de pression, nous aurons .

$$\sqrt{u^2+w^2r^2-2uwr\sin.\alpha} = u\cos.\alpha = \sqrt{2gH};$$

d'ailleurs

$$u\sin.\alpha = wr.$$

Ajoutant ces deux équations, membre à membre, après les avoir élevées au carré, il vient :

$$u^2 = w^2r^2 + 2gH,$$

$$u = \sqrt{2gH + w^2r^2},$$

Ainsi la hauteur génératrice de la vitesse relative u est égale à la hauteur H, augmentée de la hauteur $\frac{w^2r^2}{2g}$, due à la vitesse wr que prennent, dans le mouvement de rotation, les filets situés à la distance r de l'axe.

On obtiendra d'ailleurs le volume d'air débité dans l'unité de temps, par la surface annulaire comprise entre les circonférences de rayons r et $r+dr$, en multipliant cette surface $2\pi rdr$, soit par la vitesse absolue u cos. α qui lui est perpendiculaire, soit par la projection de la vitesse relative u sur la normale à cette surface, projection qui est aussi égale à u cos. α.

Enfin, de l'équation $u\sin.\alpha = wr$, on tire :

$$w = \frac{u\sin.\alpha}{r} = \frac{\sqrt{2gH + w^2r^2}\sin.\alpha}{r};$$

Digitized by Google

mais le pas de la vis étant désigné par p, on a :

$$\sin.\alpha = \frac{2\pi r}{\sqrt{p^2+4\pi^2r^2}},$$

et l'équation précédente se réduit à :

$$w = 2\pi\sqrt{\frac{2gH+w^2r^2}{p^2+4\pi^2r^2}};$$

élevant au carré, et réduisant, cette équation devient :

$$w^2p^2 = 2gH\times 4\pi^2; \quad wp = 2\pi\sqrt{2gH},$$

équation qui ne renferme plus le rayon r, ce qui fait voir que lorsque la vis prendra une vitesse angulaire w telle que

$$wp = 2\pi\sqrt{2gH},$$

tous les filets fluides qui traverseront l'appareil décriront à la fois, dans leur mouvement absolu, des lignes droites parallèles à l'axe, comme si la cloison hélicoïdale était enlevée, quelle que soit d'ailleurs l'étendue de cette cloison. Le mouvement de l'air sera exactement celui d'un écrou solide, qui aurait un mouvement de translation parallèle à l'axe de la vis, tandis que celle-ci prendrait sur son axe un mouvement de rotation. La vitesse angulaire

$$\frac{2\pi\sqrt{2gH}}{p},$$

serait évidemment celle que prendrait naturellement la vis, sous l'impression du fluide sortant, si la résistance due au frottement de l'axe sur ses paliers était nulle, ainsi que le frottement de l'air contre la cloison hélicoïde sur laquelle il s'appuie.

Digitized by Google

L'on voit que la vitesse relative des filets fluides varierait avec leurs distances à l'axe, et serait pour chaque filet, celle qui est due à la hauteur H augmentée de $\frac{w^2r^2}{2g}$, c'est-à-dire de la hauteur due à la vitesse de rotation, que prennent les points de la vis situés à la même distance de l'axe que le filet considéré.

Si maintenant on conçoit que l'on imprime à la vis, par l'application de forces extérieures, une vitesse angulaire w, différente de celle qu'elle prendrait naturellement sous la pression H, et en sens inverse de celle-ci, la vitesse relative des filets fluides situés à la distance r de l'axe de rotation sera égale à la vitesse due à la hauteur H, diminuée de $\frac{w^2r^2}{2g}$, et l'on aura généralement,

$$u=\sqrt{2gH-w^2r^2};$$

la vitesse absolue des particules fluides sera :

$$\sqrt{u^2+w^2r^2+2uwr\sin.\alpha},$$

la composante $u\sin.\alpha$ de la vitesse relative s'ajoutant ici à wr.

Le cosinus de l'inclinaison des tangentes à l'hélice décrite, dans le mouvement absolu, sur l'axe de rotation sera :

$$\frac{u\cos.\alpha}{\sqrt{u^2+w^2r^2+2uwr\sin.\alpha}}.$$

Or, à mesure que w^2r^2 se rapprochera de $2gH$, la vitesse relative u s'approchera de o, la vitesse absolue s'approchera de wr; le cosinus de l'inclinaison de l'hélice décrite, dans le mouvement absolu sur l'axe, s'approchera de o, et cet angle de 90°. Ainsi donc, l'hélice décrite se raccourcira

Digitized by Google

de plus en plus, et se confondra, à la limite, avec la circonférence de rayon r. A cette limite on a : $w^2r^2=2gH$, $u=o$; la vitesse absolue $=wr$.

Le fluide qui occupe l'espace annulaire, infiniment petit, situé à la distance r' de l'axe, est simplement entraîné dans le mouvement de rotation de la vis, il n'a aucun mouvement relatif; l'élément de la cloison sur laquelle il s'appuie forme un obstacle complet au passage du fluide.

Dans cet état de choses, pour les points de la cloison situés à une distance r' de l'axe plus petite que le rayon r, on a $w^2r'^2<2gH$; le fluide s'écoule donc encore par l'espace compris entre le noyau et la surface cylindrique de rayon r, et la vitesse relative va en croissant à mesure qu'on s'approche du noyau.

Pour les points qui sont au contraire situés au delà de la surface cylindrique de rayon r, on a, en appelant r_1 la distance d'un de ces points à l'axe, $w^2r_1^2<2gH$. La valeur de u devient imaginaire. Mais il est facile de voir que le sens du mouvement de l'air, dans l'intérieur de la vis, est simplement renversé. En effet, l'extrémité de la cloison hélicoïde opposée à celle qui est tournée du côté du réservoir contenant le fluide sous une pression plus grande, s'avance au milieu du fluide contenu dans l'autre réservoir, avec la vitesse wr_1, dirigée au devant de la vitesse relative, que devrait prendre le fluide contenu dans ce dernier réservoir, pour remonter dans le premier. Le fluide circulera donc dans la vis en sens inverse du mouvement de rotation de celle-ci, et avec une vitesse relative due à la hauteur $\frac{w^2r_1^2}{2g}$, diminuée de la hauteur H. On aura :

Digitized by Google

$$u_1 = \sqrt{w^2 r_1^2 - 2gH}\,;$$

la vitesse absolue sera :

$$\sqrt{u_1^2 + w^2 r_1^2 - 2u_1 w r_1 \sin.\alpha}$$

Le cosinus de l'inclinaison de l'hélice décrite, dans le mouvement absolu sur l'axe de rotation, sera :

$$\frac{u_1 \cos.\alpha}{\sqrt{u_1^2 + w^2 r_1^2 - 2u_1 w r_1 \sin.\alpha}}.$$

Ces hélices serpenteront autour de l'axe, en sens inverse des trajectoires des filets fluides, qui chemineront près du noyau. En un mot, il s'établira dans la vis deux courants en sens inverse, l'un près du noyau, l'autre près de l'enveloppe.

Si l'on veut que toute la masse fluide contenue dans la vis, remonte du second réservoir dans le premier, il faudra imprimer à celle-ci une vitesse angulaire telle que, en désignant par r_0 le rayon du noyau, on ait : $w^2 r_0^2 > 2gH$. Alors toutes les hélices décrites dans le mouvement absolu des filets fluides serpenteront autour de l'axe, dans le même sens, en sens inverse des hélices dont se compose la cloison. Ces hélices seront d'autant plus inclinées sur l'axe commun, qu'elles s'écarteront davantage du noyau pour se rapprocher de l'enveloppe, ce qui est précisément l'inverse des hélices qui composent une cloison hélicoïde.

La vitesse relative des filets, qui passent à la distance r de l'axe, étant égale à

$$\sqrt{w^2 r^2 - 2gH}\,,$$

le volume de fluide aspiré par la vis, dans l'unité de temps, sera donné par l'intégrale :

$$2\pi \int u \cos.\alpha\, r dr = 2\pi \int_{r_0}^{r_1} \sqrt{\frac{w^2 r^2 - 2gH}{p^2 + 4\pi^2 r^2}}\, p r dr,$$

Digitized by Google

p désignant le pas de la vis, r_0 et r_1 les rayons du noyau et de l'enveloppe.

Il est évident que, dans l'emploi de la vis comme machine aspirante, il faut installer la machine, de manière que sous la vitesse angulaire qui lui est imprimée, il n'y ait point deux courants en sens inverse l'un de l'autre, ce qui exige, quand H est un peu grand, que le noyau n'ait pas un diamètre trop petit; autrement les vitesses angulaires deviendraient considérables. On pourra d'ailleurs, dans les applications pratiques, substituer au rayon variable r le rayon de l'hélice moyenne, entre le noyau et l'enveloppe, à cos. α, le cosinus de l'inclinaison de cette hélice, et considérer la vitesse u comme uniforme, pour tous les filets fluides; on aura alors, en appelant r le rayon moyen, et p la longueur de la vis :

$$u=\sqrt{w^2r^2-2gH},$$

$$u\cos.\alpha=p\sqrt{\frac{w^2r^2-2gH}{p^2+4\pi^2r^2}},$$

pour le volume de fluide débité dans l'unité de temps que j'appellerai Q :

$$Q=u\sin.\alpha p(r_1-r_0)=2\pi\sqrt{\frac{w^2r^2-2gH}{p^2+4\pi^2r^2}}\,pr(r_1-r_0).$$

La vitesse absolue moyenne sera :

$$\sqrt{u^2+w^2r^2-2uwr\sin.\alpha}.$$

En un mot, on assimilera l'appareil à un tuyau à section rectangulaire, dont la largeur serait égale à r_1-r_0, la hauteur à $p.\sin.\alpha$, la longueur à la longueur développée de l'hélice moyenne de la cloison, c'est-à-dire à $\frac{p}{\cos.\alpha}$. On pourra ainsi te-

Digitized by Google

nir compte, dans le calcul de la machine, des résistances passives développées par le frottement de l'air contre les parois de la cloison hélicoïde, sur laquelle le fluide glisse avec une vitesse relative u. A cet égard on remarquera que bien qu'il n'y ait qu'une simple cloison, et non point un tuyau hélicoïde, l'assimilation, quant à l'évaluation des frottements, est tout à fait fondée, parce que le fluide en mouvement frotte contre les deux parois de cette cloison, et qu'ainsi les résistances sont les mêmes que s'il circulait dans un tuyau fermé, d'égale longueur, en frottant seulement contre les parois intérieures, puisque le frottement est proportionnel à l'étendue des parois touchées par le fluide en mouvement.

Je me proposerai le problème suivant. Construire une vis qui, sous la pression de 5 centimètres d'eau, équivalente à 38 mètres en colonne d'air, débite 4 mètres cubes d'air par seconde.

Je détermine d'abord la section transversale du canal hélicoïde, en me donnant la vitesse relative avec laquelle l'air circulera dans son intérieur; il ne faut prendre cette vitesse, ni trop grande, ni trop petite : trop grande, elle donnerait lieu à un frottement qui absorberait un travail moteur considérable; trop petite, elle conduirait à donner à l'appareil de fort grandes dimensions, et donnerait lieu d'ailleurs à une grande perte de travail, par suite de la vitesse absolue avec laquelle l'air abandonnerait la machine. Je prends donc cette vitesse égale à 29 mètres par seconde. La section transversale du canal hélicoïde devra être alors égale à $\frac{4}{29} = 0^{m.q.},1379$.

Je me donne ensuite l'inclinaison de l'hélice

Digitized by Google

moyenne sur l'axe de rotation égal à 80°. $\alpha = 80°$. r étant le rayon moyen, le pas p de la vis sera égal à $2\pi r$ cot. 80°, et la base du canal hélicoïde sera :

$$p \sin.\alpha = 2\pi r \cos.80° = 2\pi r \sin.10°.$$

Si j'appelle h la distance entre le noyau et l'enveloppe, je devrai avoir

$$2\pi r \sin.10° \times h = 0{,}1379 .$$

Pour que le frottement fût le plus petit possible, il conviendrait que cette section fût un carré, et qu'en conséquence on eût :

$$h = \sqrt{0{,}1379} = 0^m{,}37,$$
$$2\pi r \sin.10° = 0^m{,}37 \qquad \text{d'où} \qquad r = 0^m{,}34.$$

Le rayon du cylindre correspondant au filet moyen de l'hélice étant de $0^m{,}34$, si on en retranche la moitié de $0^m{,}37$, distance du noyau à l'enveloppe, on aura pour le rayon du noyau $0{,}34 - 0{,}185 = 0^m{,}155$.

Or, pour que la vitesse du filet moyen soit de 29 mètres, il faut, en négligeant les frottements, que la vitesse imprimée au filet moyen de la cloison, dans la rotation de la vis, soit d'environ 40 mètres, conformément au calcul que nous avons fait sur un tuyau doué d'un simple mouvement de translation. La vitesse, au noyau, serait dans ce cas, en adoptant les dimensions précédentes, égale à

$$40 \times \frac{0{,}155}{0{,}34} = 18^m.$$

Cette vitesse étant inférieure à $27^m{,}30$, un courant en sens inverse s'établirait près du noyau, ce qui doit faire rejeter les dimensions que nous venons

d'essayer. Pour éviter cet inconvénient, il faut augmenter le rayon du noyau et diminuer la largeur h de la cloison, de telle sorte que la vitesse du filet moyen étant toujours de 40 mètres, la vitesse de la circonférence du noyau soit plus grande que $27^m,30$, égale par exemple à 28 mètres. On satisfera à cette condition, en établissant entre la largeur h et le rayon la relation :

$$r - \frac{h}{2} = \frac{28}{40} r = 0,7r,$$

D'où $h = 0,6r$;

puis, cette valeur de h étant portée dans l'équation,

$$2\pi r \sin. 10^\circ \times h = 0,1379,$$

il vient :

$$2\pi \sin. 10^\circ \times 0,6 r^2 = 0,1379,$$

d'où

$$r = 0^m,459,$$
$$h = 0,2754.$$

Le rayon du noyau $r - \frac{h}{2} = 0^m,3213$.

Le rayon de l'enveloppe $r + \frac{h}{2} = 0^m,5967$.

La longueur du cylindre de la vis sera : $2\pi r$ Tang. $10^\circ = 0^m,5085$. *Pl. IX, fig.* 4 et 5.

Pour une vitesse wr de l'hélice moyenne du filet égale à 40 mètres, la vis ferait 832 tours par minute, et débiterait à peu près 4 mèt. cubes d'air par seconde, s'il n'y avait point de résistances passives, à l'entrée de l'air dans l'appareil, et dans le parcours du canal.

Il faut actuellement voir comment ces résistances modifient le résultat, et déterminer le travail moteur qu'elles absorbent.

Digitized by Google

La hauteur perdue par le frottement de l'air dans la vis, est la même que si l'air eût circulé avec la vitesse relative qu'il possède, dans un tuyau rectangulaire immobile, de $0^m,2754$ de base sur $0^m,5007$ de hauteur, et une longueur égale au développement de l'hélice moyenne, qui est :

$$\frac{2\pi \times 0,459}{\sin.80^\circ} = 2^m,928.$$

L'expression de cette hauteur perdue est donc, en prenant pour coefficient du frottement de l'air 0,0032,

$$V^2 \times \frac{0,0032}{g} \times \frac{2(0,2754+0,5007)2,928}{0,1379} = \frac{0,1055}{g} V^2,$$

V désignant la vitesse moyenne de l'air dans l'intérieur de la vis. (Nous supposons ici que l'air frotte contre l'enveloppe qui est fixe, comme si cette enveloppe était attachée à la cloison mobile. Rigoureusement, l'air glisse sur l'enveloppe avec sa vitesse absolue ; je ne tiens pas compte de cette circonstance, pour ne pas trop compliquer la formule.)

La hauteur perdue à l'entrée de l'air dans l'appareil est exprimée par

$$\frac{V^2}{2g}\left(\frac{1}{\mu^2} - 1\right),$$

μ étant un coefficient numérique que l'on peut prendre égal au coefficient de réduction des ajutages cylindriques 0,92, de sorte que $\frac{1}{\mu^2} - 1 = 0,1815$.

L'équation qui fournit la vitesse relative, en fonction de la vitesse wr imprimée à l'hélice moyenne de la cloison, est donc, en ayant égard aux résistances passives,

$$V^2 = w^2r^2 - 2gH - 2 \times 0,1055\, V^2 - 0,1815\, V^2,$$

Digitized by Google

d'où

$$V=\sqrt{\frac{w^2r^2-2gH}{1,3925}}.$$

Le volume d'air aspiré dans l'unité de temps est :

$$Q=0,1379\sqrt{\frac{w^2r^2-2gH}{1,3925}}.$$

En remplaçant H par 38, $2g$ par sa valeur numérique 19,6176, il vient :

$$Q=0,1169\sqrt{w^2r^2-745,45},$$

équation qui fournira la valeur de Q en fonction de la vitesse wr, et réciproquement. Si on y fait Q=4 mètres cubes, on trouve $wr=43^m,78$.

En négligeant les résistances provenant de l'embouchure et du frottement, on aurait eu :

$$Q=0,1379\sqrt{w^2r^2-745,45},$$

et pour

$$Q=4,\ wr=40^m,25.$$

Observant que le rayon moyen $r=0,459$, on voit que pour débiter 4 mètres cubes d'air par seconde, la vis construite sur les données précédentes devrait faire 911 tours par minute.

En négligeant les frottements, on trouverait seulement 837 tours par minute.

Quant au travail moteur absorbé par les résistances passives dues à l'embouchure et au frottement de l'air dans la machine, il peut être calculé ainsi qu'il suit :

La hauteur perdue par les résistances passives à l'embouchure, *la contraction*, est exprimée par :

$$0,1815\frac{V^2}{2g}.$$

Digitized by Google

On a V = 29 mètres. Ainsi :

$$0,1815\frac{V^2}{2g} = \ldots\ldots \quad 7^m,785.$$

La hauteur perdue par les frottements dans le canal est exprimée par :

$$0,1055\frac{V^2}{g} = \ldots\ldots \quad 9^m,680.$$

(Ces deux hauteurs, $7^m,785$ et $9^m,680$, s'ajoutent à la hauteur 38 mètres, qui mesure l'excès de pression de l'air extérieur sur l'air aspiré par la machine. C'est donc comme si cet excès de pression était de $55^m,465$ au lieu de 38 mètres.)

L'air, en abandonnant la machine, conserve une vitesse absolue qui est la résultante de la vitesse relative V, dirigée suivant la tangente à l'hélice, et de la vitesse wr dirigée suivant la tangente à la circonférence de rayon r. Cette vitesse absolue est donc :

$$\sqrt{V^2 + w^2r^2 - 2Vwr\cos. 10^\circ}.$$

La hauteur *génératrice* de cette vitesse est en conséquence :

$$\frac{V^2 + w^2r^2 - 2Vwr\cos. 10^\circ}{2g} = \ldots\ldots \quad 13^m,10.$$

Cette hauteur s'ajoute encore aux hauteurs précédentes, car la force vive avec laquelle l'air est projeté dans l'atmosphère extérieure est évidemment perdue pour l'effet utile que l'on a en vue.

La hauteur perdue ou absorbée par les résistances provenant des frottements de l'air, et par la force vive que l'air conserve, se compose donc comme il suit :

Digitized by Google

1° Hauteur perdue à l'embouchure. . $7^{m},785$
2° Hauteur perdue par le frottement. $9^{m},680$
3° Hauteur perdue par suite de la force vive finale que l'air conserve. $13^{m},100$

Total. . . . . . $30^{m},565$

La hauteur qui mesure l'excès de pression extérieure sur celle de l'air aspiré, et qui par conséquent doit être prise pour la mesure de l'effet utile de la machine, est par hypothèse de 38 mètres.

On ne doit donc attendre de la vis disposée, d'après les principes précédents, qu'un effet utile inférieur à la fraction $\frac{38}{68,565} = 0,55$ (*) du travail transmis à cette machine. Car, indépendamment du travail perdu par les frottements de l'air, il y aura encore l'influence nuisible du jeu existant entre l'enveloppe et le contour de la cloison, et le travail résistant dû aux frottements des parties solides. Il paraît raisonnable de ne pas compter sur un effet utile supérieur à 50 p. o/o du travail développé par la machine motrice. Si une vis semblable devait être mue par une machine à vapeur, on calculerait la force de celle-ci de la manière suivante :

Les 4 mètres cubes d'air aspirés, par seconde, ont un poids de $5^{kil.},20$. $5,2 \times 38 = 198^{kil. \times m}$ est le

(*) La vitesse $\omega r = 40^{m}$ de la vis n'est pas celle qui donne le plus grand effet utile de la machine. On trouve, par les principes les plus simples du calcul différentiel, qu'en partant des coefficients de la contraction et du frottement que j'ai adoptés, les valeurs correspondantes au maximum d'effet utile sont : $\omega r = 38^{m},41$; $V = 22^{m},90$; $Q = 3^{m.c.},18$. Le rapport maximum serait : 0,61.

Digitized by Google

travail utile par seconde. $\frac{198}{75} = 2,64$ *chevaux-vapeur*.

Eu égard seulement aux frottements de l'air et à la force vive finale qu'il conserve, cette force doit être à peu près doublée, et portée par conséquent à 5,28 chevaux. Je crois qu'il serait bon de pouvoir disposer d'une force de 6,5 à 7 chevaux, afin d'être à même d'activer au besoin la ventilation; mais il est évident qu'il serait inutile de dépasser cette dernière force, si, réellement, le bon état de l'aérage n'exige habituellement qu'un volume de 4 mètres cubes par seconde à déplacer, sous une pression de 5 centimètres d'eau (*).

J'arrive maintenant au ventilateur à force centrifuge, décrit dans mon mémoire sur l'aérage. Je compléterai sa théorie, en tenant compte de toutes les résistances passives dues au frottement de l'air dans les canaux de la machine; j'indiquerai les modifications à faire à la construction primitive, et je le comparerai à la vis aspirante ou soufflante que je viens d'étudier. Je considère la machine telle qu'elle est dessinée dans la *Pl. III*, et décrite p. 122 et suiv. de mon Traité de l'aérage, § 35. Je corrige d'abord les équations du mouvement, pour tenir compte de la contraction et du frottement de l'air. En appelant μ le coefficient de contraction à l'entrée de l'air dans les tuyaux adducteurs, que l'on peut assimiler à des ajutages cylindriques ou coniques, l'équation (1) du § 35 devient:

(*) La théorie de la vis que je viens d'exposer, est aussi celle de la machine pitotienne de Jacques Bernouilli, et de la vis d'Archimède formée d'un tube hélicoïde enroulé autour d'un noyau plein, et dont l'orifice exécuterait sous l'eau sa révolution entière. On peut voir, dans les notes sur

Digitized by Google

$$v^2 = 2\mu^2 g(h_o - h'). \qquad (1)$$

L'équation (2), si on désigne par x la *hauteur perdue* par suite du frottement de l'air contre les parois des canaux où il circule, devra être corrigée en ajoutant au second membre le terme négatif $-2gx$. Elle devient alors :

$$u_1^2 - u_o^2 = w^2(r_1^2 - r_o^2) - 2g(h_1 - h') - 2gx, \qquad (a)$$

Or x, p. 141, même §, serait égal, pour un tuyau prismatique, où la vitesse de l'air serait uniforme et égale à u, à :

$$\frac{6}{g}\,\frac{PL}{A}u^2.$$

Je prends pour L la longueur d'une aile développée, qui est de 2m,14. A l'orifice d'écoulement des canaux courbes, on a :

$$\frac{P}{A}u^2 = \frac{2\times 0{,}4254 + 2\times 0{,}2927}{0{,}4254\times 0{,}2927}u_1^2 = 53{,}84u_1^2.$$

A l'orifice d'entrée, la section d'un canal courbe peut être considérée comme un rectangle dont la hauteur est de 0m,1805, et dont la base est l'arc de cercle compris entre deux ailes consécutives, multiplié par le sinus de 19° 24′ 10″, angle que les plans tangents à l'origine des ailes forment avec la circonférence de rayon r_o (*).

---

l'Architecture hydraulique de Bélidor, la théorie de ces appareils donnée par M. Navier, théorie dont la mienne diffère non-seulement parce que j'ai introduit la considération des frottements, mais aussi en d'autres points essentiels.

(*) On a mis par erreur, dans le Traité de l'aérage, p. 142, le sinus de 30°, au lieu de 19° 24′10″, ce qui a faussé tous les résultats numériques, qui sont corrigés ici.

Digitized by Google

Il suit de là que le périmètre de cet orifice est égal à :

$$2\times\left(0,1805+\frac{6,2832\times 0,4}{12}\,\text{sin.}\,19^\circ 24'10''\right)=0^m,5005.$$

L'aire de cet orifice est :

$$0,1805\times 0,069753=0^{mm},01259.$$

Ainsi le rapport

$$\frac{P}{A}=\frac{0,5005}{0,01259}=39,75.$$

D'ailleurs, les aires des orifices d'entrée et de sortie de chaque canal mobile sont sensiblement égales entre elles, de sorte que l'on peut négliger la différence, et supposer que la vitesse de l'air est la même, et égale à u, dans toute l'étendue du canal.

En adoptant alors pour le rapport $\frac{P}{A}$ la valeur moyenne arithmétique entre 39,75 et 53,84, qui est 46,79, l'expression de la hauteur x sera :

$$x=\frac{6}{g}\times 46,79\times 2,14\times u_1^2=\frac{0,3204u_1^2}{g},$$

en remplaçant 6 par 0,0032.

Substituant cette valeur de x dans l'équation (a), il vient :

$$u_1^2(1+0,6408)-u_0^2=w^2(r_1^2-r_0^2)-2g(h_1-h'). \quad (2)$$

Les équations (3) et (4) sont toujours :

$$u_0^2=v^2+w^2r_0^2-2vwr_0\cos.\,6, \quad (3)$$

$$AV=A_1u_1. \quad (4)$$

L'équation (3) exprime que la vitesse absolue v de l'air entrant est la résultante des deux vitesses

Digitized by Google

u_0 et wr_0. Ajoutant terme à terme les équations (2) et (3), il vient :

$$1,6408\,u_1^2 = v^2 + w^2 r_1^2 - 2g(h_1 - h') - 2vwr_0 \cos.\,6. \quad (b)$$

D'ailleurs de l'équation (1) on tire :

$$h' = h_0 - \frac{v^2}{2\mu^2 g}, \text{ d'où } h_1 - h' = h_1 - h_0 + \frac{v^2}{2\mu^2 g}.$$

$h_1 - h_0$ est l'excès, en hauteur d'air, de la pression atmosphérique qui s'exerce à la périphérie du ventilateur, sur la pression qui a lieu dans le réservoir d'air aspiré; cette hauteur a été calculée : elle est égale à 63^m,83 (p. 133 du Traité de l'aérage).

Portant cette valeur de $h_1 - h'$ dans l'équation (b), celle-ci devient :

$$1,6408u_1^2 = v^2 - \frac{v^2}{\mu^2} - 2vwr_0 \cos.\,6 - 2g \times 63,83 + w^2 r_1^2,$$

ou bien :

$$1,6408u_1^2 + v^2\left(\frac{1}{\mu^2} - 1\right) + 2vwr_0 \cos.\,6 = -2g \times 63,83 + w^2 r_1^2.$$

Si l'on veut que $u_1 = wr_1$, pour que la vitesse de l'air sortant soit nulle, il faut que l'on ait :

$$0,6408u_1^2 + v^2\left(\frac{1}{\mu^2} - 1\right) + 2vwr_0 \cos.\,6 = -2g \times 63,82 \quad (c)$$

Or Q désignant le volume d'air extrait par seconde, on a, d'après l'équation

$$(4) \qquad u_1 = \frac{Q}{A_1} \text{ et } v = \frac{Q}{A}.$$

A_1 est égal à 0^{mm},14945 d'après la construction du ventilateur. Si on laisse l'angle 6 arbitraire; on a, en général :

$$A = 2\pi r_0 \times e_0 \sin.\,6,$$

e_0 étant la hauteur interne des ailes; ou en rem-

Digitized by Google

plaçant r_0 et e_0 par leurs valeurs 0,40 et 0,1805 :

$$A=6.2832\times 0,4\times 0,1805 \sin.\ 6=0,45365 \sin.\ 6.$$

Substituant ces valeurs de u_1 et v dans l'équation (c), où nous ferons en même temps $\mu=0,92$, $2g=19,6176$, elle devient, les calculs numériques effectués autant que possible,

$$Q^2\left(2869+\frac{0,8819}{\sin.\ ^2 6}\right)+2Qw \cot.\ 6\times 0,8817=-1252,18 \quad (d)$$

En nous donnant la condition $u_1=wr_1$, et toutes les dimensions du ventilateur, le problème a été complétement déterminé; c'est-à-dire que le volume Q, la vitesse w et l'angle 6 se trouvent complétement déterminés. En effet, de la relation $u_1=wr_1$, il s'ensuit :

$$w=\frac{Q}{A_1\times r_1}=\frac{Q}{0,14945\times 0,83}=\frac{Q}{0,12404}.$$

Cette valeur de w étant portée dans l'équation (d), celle-ci devient :

$$Q^2\left(28,69+\frac{0,8819}{\sin.\ 6}+14,2161 \cot.\ 6\right)=-1252,18, \quad (A)$$

équation qui renferme Q et 6 comme inconnues.

Mais l'équation (3), qui exprime que la vitesse absolue v est la résultante des deux vitesses u_0 et wr_0, peut être remplacée par une autre plus simple, lorsque le tracé du ventilateur est connu, comme dans le cas actuel. En effet, la vitesse v, dans la *fig.* 3 *Pl. IX*, étant la résultante de la vitesse u_0, dirigée suivant CA, et de la vitesse wr_0 suivant AD, la projection de la résultante sur la direction EAD, doit être égale à la somme algébrique des projections de ses deux composantes. Or, comme l'on a : l'angle

CAD $=180°-19°24'10''=160°35'50''$ et l'angle BAD $=6$,

Digitized by Google

il vient :

$$v \cos.6 = wr_o + u_o \cos. 160°35'50''. \qquad (M)$$

Or

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{0,45365 \sin.6},$$

$$u_o = \frac{Q}{0,45365 \sin. 160°35'50''},$$

$$wr_o = \frac{Q}{0,12404} \times r_o = Q \times \frac{0,4}{0,12404}.$$

Substituant ces valeurs dans l'équation (M), et supprimant le facteur Q commun à tous les termes, elle devient :

$$\frac{\cot.6}{0,45365} = \frac{0,4}{0,12404} + \frac{\cot. 160°35'50''}{0,45365},$$

d'où l'on tire, tout calcul fait : Cot. $6 = -1,3763$; et l'angle $6 = 144°$ dont le supplément est de 36°.

C'est précisément l'angle des cloisons que j'avais fixé, dans mon Mémoire sur l'aérage. La grandeur de cet angle est en effet indépendante des frottements que j'avais négligés, et même de la hauteur de pression ; elle ne dépend que du rapport des rayons r_0 et r_1, du rapport des orifices A et A_1, et de l'inclinaison initiale des ailes. Il reste à vérifier, si cette valeur de l'angle 6 substituée dans l'équation (A) fournira pour Q, une valeur réelle. Or, en opérant la substitution, on trouve, toute réduction faite :

$$Q^2 \times 13,677 = -1252,18,$$

équation qui donne une valeur de Q imaginaire.

Cela montre qu'il est impossible de réaliser, avec le ventilateur tel que je l'avais construit, en négligeant l'influence des frottements, la double

Digitized by Google

condition que la vitesse de l'air sortant soit nulle, et que l'air entre sans choc dans les canaux courbes; cela n'a rien de surprenant, lorsque l'on voit que l'influence des frottements, dans l'hypothèse admise d'un débit de 8 mètres cubes par seconde, absorberait une hauteur plus que double de celle qui mesure l'excès de compression de l'air atmotsphérique sur l'air aspiré. En effet, pour Q=8 mètres cubes, on a $u_1=67^m,39$, et la hauteur perdue par le frottement:

$$\frac{0,3204 u_1^2}{g} = 145^m$$

L'interruption des ailes, que j'ai indiquée dans le traité de l'aérage, serait un palliatif peu efficace à cet inconvénient. Il convient donc de changer le tracé du ventilateur, de façon à atténuer l'influence nuisible du frottement de l'air dans la machine. Le moyen d'y parvenir consiste principalement à diminuer la longueur des ailes, et la différence des rayons intérieur et extérieur r_0 et r_1; mais alors il devient impossible, ou du moins fort difficile, de satisfaire à la condition $u_1=wr_1$, c'est-à-dire de rendre nulle la vitesse absolue de l'air, à la sortie de la machine. On peut seulement rendre la force vive due à cette vitesse, une petite fraction du travail moteur total; et comme l'air peut alors entrer dans les canaux mobiles, avec une vitesse dirigée suivant les rayons aboutissant à l'axe, la machine peut se passer des tuyaux adducteurs ou cloisons directrices fixes intérieures, ce qui simplifie beaucoup sa construction.

Voici du reste trois exemples qui se rapportent à des valeurs très-différentes de l'excès de la pression extérieure sur la pression intérieure, et qui

Digitized by Google

embrassent à peu près tous les cas, dans lesquels le ventilateur est employé comme machine aspirante, et même comme machine soufflante.

Premier exemple.

Je me propose d'abord la construction d'un ventilateur aspirant, capable d'aspirer 8 mètres cubes d'air par seconde, l'excès de la pression extérieure sur la pression intérieure étant mesuré par le poids d'une colonne d'air de $63^m,83$ de hauteur verticale. (Ce sont les chiffres qui résultent de mes observations sur la mine de houille de l'Espérance, et par conséquent la machine actuelle serait destinée à remplacer celle qui est décrite dans le § 35 de mon Mémoire sur l'aérage.)

Je me donne la condition que la vitesse absolue de l'air entrant soit dirigée suivant les rayons aboutissant à l'axe de la machine; je néglige d'abord toutes les résistances passives que j'introduirai plus tard dans le calcul. L'angle 6 compris entre la direction de la vitesse absolue de l'air entrant, et la tangente à la circonférence de rayon r_0 étant droit, son cosinus est nul, et j'ai les quatre équations suivantes, qui remplacent les équations du § 34 du mémoire cité,

$$v^2=2g(h_0-h') \tag{1}$$

$$u_0^2=v^2+w^2r_0^2 \tag{2}$$

$$u_1^2-u_0^2=w^2(r_1^2-r_0^2)-2g(h_1-h') \tag{3}$$

$$Av=A_1u_1=8. \tag{4}$$

Les notations sont les mêmes que celles qui ont été employées précédemment.

L'équation (2) exprime que la vitesse v est la

résultante des deux vitesses u_0 et wr_0, et qu'en conséquence, il n'y a point de choc à l'entrée de l'air dans la machine. La résultante est ici perpendiculaire à la composante wr_0. L'excès de la pression extérieure sur la pression intérieure est d'ailleurs exprimée, *en colonne d'air*, par $h_1 - h_0$.

En ajoutant les trois équations (1), (2) et (3) membre à membre, il vient, toute réduction faite :

$$u_1^2 = w^2 r_1^2 - 2g(h_1 - h_0) = w^2 r_1^2 - 2gH, \qquad (a)$$

en appelant H l'excès de pression ($h_1 - h_0$).

C'est l'équation à laquelle conduit la théorie ordinaire des roues à réaction, *roues de Segner* dans laquelle on suppose que les tuyaux mobiles sont prolongés jusqu'à l'axe de rotation; on voit qu'en négligeant toutes les résistances passives, cette équation convient encore, quelle que soit la distance à l'axe, de l'origine des canaux mobiles, et sans supposer que le fluide qui circule dans la machine prenne aucun mouvement de rotation, dans l'ouverture centrale, pourvu que le fluide entre sans choc dans les canaux mobiles.

Si les canaux courbes sont tangents au contour extérieur du ventilateur, la vitesse relative u_1 est directement opposée à la vitesse de rotation wr_1, et la vitesse absolue du fluide sortant est égale à $wr_1 - u_1$. La hauteur génératrice de cette vitesse est $\frac{(wr_1 - u_1)^2}{2g}$. Elle ne saurait jamais être nulle, puisque d'après l'équation (a), wr_1 est évidemment toujours supérieur à u_1. On peut s'imposer la condition que la hauteur *génératrice* de la vitesse absolue de l'air soit une fraction donnée, $\frac{1}{5}$ par exemple, de la hauteur totale

Digitized by Google

H. Cette condition sera exprimée par l'équation :

$$\frac{(wr_1-u_1)^2}{2g}=\frac{1}{9}\,H,$$

d'où

$$wr_1-u_1=\frac{1}{3}\sqrt{2gH}. \qquad (b)$$

Cette dernière équation exprime évidemment que la demi-force vive conservée par l'air sortant n'est que $\frac{1}{9}$ du poids de l'air multiplié par la hauteur H, ce qui doit être appelé, et est réellement le *travail utile* de la machine.

Des deux équations (a) et (b) on tire, sans difficulté, les valeurs de wr_1 et de u_1, en fonction de H, savoir :

$$wr_1=\frac{5}{3}\sqrt{2gH},$$

$$u_1=\frac{4}{3}\sqrt{2gH}.$$

Remplaçant $2g$ par la valeur numérique 19,6176, H par sa valeur particulière, dans l'exemple que nous traitons, $63^m,83$, il vient :

$$wr_1=58^m,985$$

$$u_1=47^m,188.$$

Le volume d'air débité devant être de 8 mètres cubes par seconde, j'en conclus que la somme des aires des orifices d'écoulement des canaux mobiles doit être égale à $\frac{8}{47,188}$ et qu'ainsi :

$$A_1=0^{m.car.}1695.$$

Si je désigne par α l'angle compris entre la tangente à la circonférence de rayon r_0 et la tangente à l'origine de chacune des ailes courbes, la

Digitized by Google

projection de la vitesse relative u_0 sur la tangente à la circonférence de rayon r_0, sera évidemment u_0 cos. α; or, puisque la résultante de la vitesse u_0 et de la vitesse de rotation wr_0 doit être normale à la circonférence de rayon r_0, il faut que l'on ait la relation :

$$u_0 \cos.\alpha = wr_0 \qquad (m)$$

et cette équation équivaut à l'équation (2) $u_0^2 = v^2 + w^2r^2_0$ qu'elle peut remplacer.

D'un autre côté, si je désigne par L la largeur du ventilateur, dans le sens parallèle à l'axe, à la circonférence intérieure, l'aire de la surface cylindrique à laquelle aboutissent les ailes intérieurement sera égale à $2\pi r_0 \times$ L. C'est cette aire qui est désignée par A dans l'équation (4). Si l'on admet que la vitesse relative de tous les filets d'air, à leur entrée dans les canaux mobiles, forme, avec les tangentes à la circonférence de rayon r_0, le même angle α que les ailes, la somme des aires des orifices par lesquels l'air entre dans les canaux mobiles sera égale à la surface cylindrique $2\pi r_0 \times$ L, multipliée par le sinus de l'angle α; par conséquent, la vitesse relative, à l'entrée des canaux mobiles, s'obtiendra en divisant le volume d'air total par $2\pi r_0$L sin. α. On aura donc :

$$u_0 = \frac{S}{2\pi r_0 \text{L} \sin.\alpha}. \qquad (n)$$

Or, la valeur que l'on peut attribuer à L, n'est point tout à fait arbitraire. Il faut, en effet, que l'aire de l'ouverture centrale que l'air doit franchir. avant de s'étaler en une nappe perpendiculaire à l'axe, pour arriver à la surface cylindrique de rayon r_0, soit au moins aussi grande que cette dernière surface; autrement l'air aurait à franchir une

ouverture rétrécie, un étranglement, ce qui ne pourrait que nuire ; la surface ciculaire d'entrée ayant pour rayon *maximum* r_0, il faut que l'on ait $\pi r_0^2 =$ ou $> 2\pi r_0 L$.

Nous prendrons $\pi r_0^2 = 2\pi r_0 L$ parce qu'il faut, pour augmenter les dimensions des canaux mobiles et diminuer en conséquence les frottements, que L soit le plus grand possible. Il suit de là, que l'on aura $L = \frac{r_0}{2}$ et que l'équation (n) devient :

$$u_0 = \frac{8}{\pi r_0^2 \sin.\alpha}. \qquad (n')$$

Des deux équations (m) et (n'), on tire sans difficulté, en éliminant u_0

$$\text{tang}.\alpha = \frac{8}{\pi w r_0^3}, \qquad (c)$$

et en éliminant l'angle α :

$$r_0^6 - \frac{u_0^2}{w^2} r_0^4 + \frac{64}{\pi^2 w^2} = 0. \qquad (d)$$

L'angle α et le rayon r_0 seraient complétement déterminés par ces dernières équations, si l'on se donnait la vitesse angulaire w et la vitesse relative u_0.

La vitesse angulaire w ne dépend plus que du rayon extérieur r_1, puisque déjà nous avons $w r_1 = 58^m,985$. Quant à la vitesse u_0, il faut qu'elle soit tout au plus égale à u_1, ou $47^m,188$, pour que les canaux mobiles n'aillent pas en s'élargissant du centre à la circonférence, et qu'on soit sûr que l'air remplira la section des canaux mobiles, dans toute leur étendue. Dans les diverses valeurs que l'on peut prendre pour les quantités r_1 et

Digitized by Google

u_0, qui demeurent arbitraires, il importe, comme on le verra par la suite de la discussion, de s'arrêter à celles qui donnent pour α un assez petit angle, et pour le rayon r_0 la valeur la moins écartée de r_1.

Cette dernière condition exige que l'on prenne pour u_0 la plus grande valeur possible, c'est-à-dire sa limite supérieure; car de l'équation (d), il résulte évidemment que r_0 doit être plus petit que $\frac{u_0}{w}$, et par conséquent r_0 diminuera avec la vitesse u_0, quand la vitesse angulaire w sera supposée connue. Il ne reste donc plus d'arbitraire, maintenant, que le rayon extérieur r_1. Je l'ai pris égal à $0^m,60$, ce qui donne

$$w = \frac{58^m,985}{0,6} = 98^m,31\ ;$$

posant d'ailleurs $u_0 = u_1 = 47^m,188$, il vient pour l'équation (d).

$$r_0^6 - 0,2304 r_0^4 + 0,0006709 = 0\ ;$$

la valeur de r_0 qui y satisfait est comprise entre $0^m,47$ et $0^m,46$; adoptant cette dernière valeur, inférieure à la racine de l'équation (d), l'équation (c) donne :

$$\log.\ \text{tang.}\alpha = 9,42506\ ,$$

à quoi correspond un angle α de $14°\ 54'$

On a ensuite par l'équation (m) :

$u_2 = 46^m,796$, valeur un peu plus petite que u_1, comme cela devait être.

Le nombre des ailes demeure seul arbitraire. Pour atténuer l'influence des frottements, il importe de donner à chaque aile la moindre longueur possible, et pour cela il faut que les ailes

Digitized by Google

$$u_1^2 = w^2 r_1^2 - 2gH - 0{,}099124\, u_1^2 - (w r_0 - u_0 \cos.\alpha)^2 - 0{,}1815 v^2.$$

Or, d'après la construction du ventilateur, on a : $u_0 = u_1$. La vitesse v est d'ailleurs égale à $u_0 \sin\alpha = u_1 \sin.\ 14°\ 54'$. L'équation précédente ne renferme donc, quand on a substitué à H, r_0, r_1, α, leurs valeurs numériques, que les deux quantités u_1 et w dont l'une dépend de l'autre. On a, après cette substitution :

$$2{,}0450065 u_1^2 - 2 \times 0{,}44454\, w u_1 = 0{,}1484 w^2 - 1252{,}19,$$

d'où l'on tire :

$$w = -2{,}9955 u_1 + \sqrt{22{,}7534 u_1^2 + 8437{,}938}, \quad \text{(A)}$$

Si l'on veut que le ventilateur débite 8 mètres cubes d'air par seconde, volume pour lequel il a été projeté, il faudra que u_1 soit égal à $47^m,188$. Or si l'on remplace, dans l'équation (A), u_1 par cette valeur, on trouve pour la vitesse angulaire qui doit être imprimée à la machine :

$$w = 101^m,76.$$

Ainsi la vitesse angulaire nécessaire pour extraire le volume d'air voulu, sera de $101^m,76$, au lieu de $98^m,31$, vitesse trouvée quand on ne tient pas compte des frottements. A cette vitesse correspondent 971 révolutions du ventilateur par minute.

Nous pouvons maintenant évaluer le travail moteur absorbé par les résistances passives, et par la force vive due à la vitesse absolue avec laquelle l'air est rejeté dans l'atmosphère : 1° la vitesse absolue de l'air, quand il abandonne la machine, est la résultante de la vitesse relative $u_1 = 47^m,188$ et de la vitesse de rotation $w r_1 = 61^m,056$ de

qui déterminent entièrement le tracé de la machine. Nous savons de plus que la vitesse angulaire étant égale à 58^m,985, le volume d'air débité par seconde, en négligeant les résistances dues à la contraction et au frottement de l'air, serait de 8 mètres cubes.

Les *fig.* 6 et 7, *Pl. IX* représentent le ventilateur tracé d'après les données précédentes. Après avoir décrit, *fig.* 7, deux circonférences concentriques de rayons égaux à 0^m,46 et 0^m,60, on divise l'une d'elles en six parties égales, et l'on mène aux points de division six rayons que l'on prolonge jusqu'à la circonférence extérieure. A chacun des points de division de la circonférence intérieure, on mène une droite inclinée sur la tangente d'un angle de 14° 54′, ou faisant avec le rayon un angle de 104° 54′. Ces droites sont les tangentes à l'origine des ailes, qui doivent d'ailleurs toucher la circonférence extérieure à l'extrémité du rayon suivant, de façon que chacune d'elles est comprise entre deux rayons consécutifs. La courbe est d'ailleurs arbitraire. Le plus simple est de la former, comme dans la *fig.* 7, d'un bout de ligne droite dans la partie voisine de la circonférence intérieure, et ensuite d'un arc de cercle.

Le tracé du profil *fig.* 6, ne présente aucune difficulté.

Examinons actuellement de quelle manière les frottements et la contraction modifient les résultats qui précèdent.

L'air, en franchissant la circonférence de rayon r_0, avec la vitesse v, doit éprouver les mêmes résistances qu'il rencontre à son entrée dans un ajutage cylindrique. La vitesse v doit donc être seulement les 0,92 environ de la vitesse théori-

Digitized by Google

que, et par conséquent l'équation (1) doit être remplacée par celle-ci :

$$v^2 = 2\mu^2 g(h_0 - h'), \quad \text{où} \quad \mu^2 = \overline{0,92}^2.$$

La hauteur perdue par les résistances qui produisent la réduction de vitesse est

$$\left(\frac{1}{\mu^2} - 1\right)\frac{v^2}{2g} = 0,1815\,\frac{v^2}{2g}.$$

La hauteur perdue par le frottement de l'air contre les parois des ailes ou des canaux courbes, est proportionnelle au carré de la vitesse relative u_1, qui est sensiblement la même dans toute l'étendue des ailes, au rapport du périmètre à l'aire de la section transversale du canal, et à la longueur du canal. En appelant p le périmètre, a l'aire de la section transversale, l la longueur du canal, ϵ le coefficient numérique qui, d'après les expériences de M. d'Aubuisson, est égal à 0,0032, l'expression de cette hauteur perdue est :

$$\frac{2\epsilon\frac{p}{a}\times l}{2g}\times u_1^2.$$

Ici le périmètre p et l'aire a sont à peu près constants, ainsi que la vitesse u_1, dans toute l'étendue du canal. La section transversale peut-être en effet considérée comme un rectangle dont la surface est égale à

$$\frac{0,1695}{6} = 0^{\text{m.car.}},02825,$$

et dont la hauteur est intermédiaire entre $0^{\text{m}},23$ et $0^{\text{m}},2088$, de sorte que la hauteur moyenne est $0^{\text{m}},2194$; la base sera

$$\frac{0^{\text{m.car.}},02825}{0,2194} = 0^{\text{m}},12876\,;$$

Digitized by Google

on a donc moyennement :

$$\frac{p}{a}=\frac{2(0,2194+0,12876)}{0,02825}=24,65\,;$$

la longueur l est à peu près égale à $\frac{1}{6}$ de la circonférence extérieure dont le rayon est de $0^m,60$; on peut donc poser $l=0^m,62832$.

Portant ces valeurs numériques, ainsi que celle de $6=0,0032$ dans l'expression de la hauteur perdue, on a :

$$\frac{26\frac{p}{a}lu_1^2}{2g}=\frac{0,099124}{2g}u_1^2.$$

S'il y a choc à l'entrée de l'air dans les canaux mobiles, cela donnera lieu à une perte de forces vives qui, évaluée d'après le théorème de Carnot, sera égale à la demi-force vive due à la vitesse perdue ou gagnée; or le carré de la vitesse perdue ou gagnée sera égal à

$$(wr_0-u_0\cos.\alpha)^2,$$

et par conséquent la hauteur perdue sera la hauteur due à cette vitesse, c'est-à-dire

$$\frac{(wr_0-u_0\cos.\alpha)^2}{2g}.$$

L'équation qui donnera la vitesse relative u_1 de l'air sortant, en ayant égard aux frottements, s'obtiendra en substituant dans l'équation

$$u_1^2=w^2r_1^2-2gH,$$

à la hauteur effective H; cette hauteur augmentée des sommes des hauteurs perdues par *la contraction*, le frottement et le choc à l'entrée des canaux mobiles, l'équation corrigée sera donc :

Digitized by Google

$$u_1^2 = w^2 r_1^2 - 2gH - 0{,}099124\, u_1^2 - (wr_0 - u_0 \cos.\alpha)^2 - 0{,}1815\, v^2.$$

Or, d'après la construction du ventilateur, on a : $u_0 = u_1$. La vitesse v est d'ailleurs égale à $u_0 \sin\alpha = u_1 \sin.\ 14^\circ\ 54'$. L'équation précédente ne renferme donc, quand on a substitué à H, r_0, r_1, α, leurs valeurs numériques, que les deux quantités u_1 et w dont l'une dépend de l'autre. On a, après cette substitution :

$$2{,}0450065\, u_1^2 - 2 \times 0{,}44454\, w u_1 = 0{,}1484\, w^2 - 1252{,}19,$$

d'où l'on tire :

$$w = -2{,}9955\, u_1 + \sqrt{22{,}7534\, u_1^2 + 8437{,}938}, \qquad (A)$$

Si l'on veut que le ventilateur débite 8 mètres cubes d'air par seconde, volume pour lequel il a été projeté, il faudra que u_1 soit égal à $47^m{,}188$. Or si l'on remplace, dans l'équation (A), u_1 par cette valeur, on trouve pour la vitesse angulaire qui doit être imprimée à la machine :

$$w = 101^m{,}76.$$

Ainsi la vitesse angulaire nécessaire pour extraire le volume d'air voulu, sera de $101^m{,}76$, au lieu de $98^m{,}31$, vitesse trouvée quand on ne tient pas compte des frottements. A cette vitesse correspondent 971 révolutions du ventilateur par minute.

Nous pouvons maintenant évaluer le travail moteur absorbé par les résistances passives, et par la force vive due à la vitesse absolue avec laquelle l'air est rejeté dans l'atmosphère : 1° la vitesse absolue de l'air, quand il abandonne la machine, est la résultante de la vitesse relative $u_1 = 47^m{,}188$ et de la vitesse de rotation $wr_1 = 61^m{,}056$ de

l'extrémité des ailes. Les directions de ces deux vitesses ne sont point tout à fait opposées. Elles comprennent entre elles un angle obtus dont le supplément est égal à l'angle $\alpha = 14^\circ\ 54'$.

Le carré de la vitesse absolue que l'air conserve est donc $w^2r_1^2 + u_1^2 - 2u_1wr_1 \cos. 14^\circ, 54'$, et la hauteur génératrice de cette vitesse, qui mesure le travail dépensé en pure perte est :

$$\frac{w^2r_1^2 + u_1^2 - 2u_1wr_1\cos.15^\circ54'}{2g} \ldots\ldots\ldots = 19^m,677\,;$$

2° La hauteur absorbée par les résistances dues à la contraction est exprimée, ainsi que nous l'avons vu, par :

$$\frac{0,1815v^2}{2g} = \frac{0,1815u_1^2 \sin.^2 14^\circ54'}{2g} \ldots\ldots\ldots = 1^m,362\,;$$

3° La hauteur perdue par le frottement de l'air contre les ailes et les parois des canaux mobiles, est :

$$\frac{0,099124u_1^2}{2g} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots = 11^m,252\,;$$

4° La force vive perdue par le choc à l'entrée de l'air dans les canaux mobiles, correspond à une hauteur perdue exprimée par :

$$\frac{(wr^0 - u_1\cos.14^\circ54')^2}{2g} \ldots\ldots\ldots = 0^m,074\,;$$

5° Enfin, le frottement de l'air contre les disques tournants du ventilateur donne lieu à un travail résistant, équi-

A reporter. . . 32^m,365

Report. 32m,365

valent à un accroissement de la hauteur H, exprimé par : (1)

$$\frac{86\frac{\pi}{5}w^3r_1^5}{2g\times 8}\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots = 8^m,396;$$

Somme égale à la hauteur totale perdue par les résistances passives dues aux frottements de l'air. 40m,761

La hauteur *utile*, celle qui mesure l'excès de pression de l'air extérieur sur l'air aspiré, est de 63m,83. Le rapport de l'effet utile au travail transmis à la machine, abstraction faite des résistances passives provenant du frottement entre les parties solides de la machine, sera donc égal à :

$$\frac{63,83}{104,591}=0,61.$$

Mais ce n'est pas là le rapport maximum de l'effet utile au travail transmis à la machine, qu'il soit possible d'obtenir. En effet, si l'on fait varier la vitesse angulaire w, la vitesse u_1, variera en même temps, et dans le même sens, et la vitesse la plus convenable sera celle pour laquelle le rapport

$$\frac{2gH}{2gH+w^2r_1^2+u_1^2-2u_1wr_1\cos.14^\circ54'+0,1815u_1^2\sin.^2 14^\circ54'+0,099124u_1^2+(wr_0-u_1\cos.14^\circ54')^2+\frac{86\frac{\pi}{5}w^3r_1^5}{A_1u_1}},$$

(1) Cette augmentation du travail résistant est celle

sera un minimum.

u_1 pouvant être exprimé en fonction de w au moyen de l'équation (A), on voit qu'on obtiendrait la valeur la plus convenable de w, en égalant à o le coefficient différentiel de l'expression précédente, pris en considérant w comme variable. On serait ainsi conduit à une équation compliquée de degré supérieur, qu'il faudrait résoudre numériquement, et il est plus simple d'essayer diverses valeurs de la vitesse relative u_1, de calculer les valeurs correspondantes de w, et ensuite la somme des hauteurs perdues, qui doit être la plus petite possible. J'essaye d'abord une valeur de u_1 égale à 30 mètres. Le volume d'air débité par seconde sera égal à $30 \times 0{,}1695 = 5^{m.c.},085$ par seconde.

La valeur correspondante de la vitesse angulaire w, calculée en substituant dans l'équation (A) le nombre 30 à la place de u_1 est :

$$w = 80^{m},182, \quad \text{d'où} \quad wr_1 = 48^{m},1092;$$

à cette vitesse correspondent 766 révolutions du ventilateur par minute.

On a ensuite pour la somme des hauteurs perdues;

---

qui provient du frottement des disques du ventilateur contre l'air. Elle est évaluée, en supposant toujours la résistance du frottement proportionnelle au carré de la vitesse, et en suivant la méthode employée par M. Poncelet dans son mémoire sur les turbines de M. Fourneyron, imprimé parmi ceux de l'Académie des sciences.

Digitized by Google

$$\frac{w^2r_1^2+u_1^2-2u_1wr_1\cos.14°54'}{2g} \ldots\ldots = 23^m,937$$

$$\frac{0,1815u_1^2\sin.^2 14°54'}{2g} \ldots\ldots = 0^m,491$$

$$\frac{0,099214u_1^2}{2g} \ldots\ldots = 4^m,548$$

$$\frac{(wr_0-u_1\cos.14°54')^2}{2g} \ldots\ldots = 3^m,176$$

$$\frac{86\frac{\pi}{5}w^3r_1^5}{2g\times 5,085} \ldots\ldots = 6^m,464$$

Hauteur perdue totale. . . . . . $38^m,616$

Le rapport de l'effet utile au travail transmis à la machine est donc alors égal à

$$\frac{63,83}{102,446}=0,62.$$

Pour $u_1=40^m$, vitesse à laquelle correspond un débit d'air de $6^{m.c.},78$ par seconde, on trouve $w=91^m,93$. $wr_1=55^m,158$. Le ventilateur doit faire 878 révolutions par minute.

On a pour la somme des hauteurs perdues :

$$\frac{w^2r_1^2+u_1^2-2u_1wr_1\cos.14°54'}{2g} \ldots\ldots = 19^m,275$$

$$\frac{0,1815u_1^2\sin.^2 14°54'}{2g} \ldots\ldots = 0^m,979$$

$$\frac{(wr_0-u_1\cos.14°54')^2}{2g} \ldots\ldots = 0^m,673$$

A reporter......... $20^m,927$

Report. . . . . . $20^m,927$

$$\frac{0,099214\,u_1^2}{2g} \ldots\ldots = 8^m,086$$

$$\frac{86\,\frac{\pi}{5}\,w^3 r_1^5}{2g \times 6,78} \ldots\ldots = 7^m,306$$

Somme totale. . . . . $36^m,319$

Le rapport de l'effet utile au travail transmis au ventilateur est donc, dans ce dernier cas, égal à :

$$\frac{63,83}{100,149} = 0,63,$$

valeur peu différente de celle qui correspond à $u_1 = 30^m$. Il est clair d'après cela que le maximum se trouve entre les vitesses angulaires de $91^m,93$ et $80^m,182$, auxquelles correspondent des volumes d'air extraits de $6^{m.c.},78$ et $5^{m.c.},085$ par seconde, et que le rapport de l'effet utile au travail dépensé, entre ces limites, demeure constamment supérieur à $\frac{60}{100}$.

Deuxième exemple.

Dans la ventilation des magnaneries, des lieux d'habitation, le volume d'air qu'il faut déplacer est le plus habituellement de 1 à 2 mètres cubes au plus par seconde, et si l'on a pris les dispositions convenables, pour la distribution de l'air, l'excès de la pression extérieure sur la pression de l'air intérieur est à peine sensible. C'est à ce cas que s'applique le ventilateur dont je vais actuellement déterminer les dimensions, et qui est repré-

Digitized by Google

senté dans les *fig.* 1 et 2, *Pl. X*. Je me donne les conditions suivantes. Extraire 2 mètres cubes d'air par seconde, sous un excès de pression mesuré par une colonne d'air de 2 mètres de hauteur. On a alors $H=2$;

$$\sqrt{2gH}=6,26\,;$$

et en s'imposant toujours la condition que la différence wr_1-u_1 des vitesses de l'extrémité des ailes et d'écoulement de l'air, soit *due* à une hauteur égale seulement à $\frac{1}{9}$ de la hauteur H, on a, pour déterminer wr_1 et u_1, les deux équations

$$u_1^2=w^2r_1^2-2g\times 2 \quad \text{et} \quad (wr_1-u_1)^2=\frac{1}{9}\,2g\times 2,$$

d'où

$$wr_1=\frac{5}{3}\times 6,26=10^{\text{m}},43\,,$$

et

$$u_1=\frac{4}{3}\times 6,26=8^{\text{m}},35\,,$$

les équations (m) et (n) deviennent en conséquence :

$$u_0\cos.\alpha=wr_0$$

$$u_0=\frac{2}{2\pi r_0 L\sin.\alpha}.$$

Posant

$$L=\frac{r_0}{2}\,,\quad \text{et} \quad u_0=u_1=8^{\text{m}},35\,,$$

et prenant le rayon extérieur $r_1=0^{\text{m}},60$, ce qui donne

$$w=\frac{10,43}{0,6}=17^{\text{m}},3833\,,$$

Digitized by Google

on a, pour déterminer le rayon r_0, l'équation

$$r_0^6 - \frac{u_1^2}{w^2} r_0^4 + \frac{4}{\pi^2 w^2} = 0;$$

laquelle devient, en substituant les valeurs numériques précédentes :

$$r_0^6 - \overline{0,4803}^2 r_0^4 + 0,001341 = 0.$$

elle est satisfaite par une valeur de r_0 comprise entre $0^m,45$ et $0^m,44$. Je pose donc

$$r_0 = 0^m,44; \quad \text{d'où} \quad L = 0^m,22,$$

Je calcule ensuite l'angle α par la formule :

$$\text{tang.}\alpha = \frac{2}{\pi w r_0^3},$$

qui me donne :

$$\text{Clog.tang.}\alpha = 9,63340,$$

ce qui correspond à un angle α de $23^\circ\ 16'$.

Puis, l'équation $u_0 \cos.\alpha = w r_0$, me donne, en y portant les valeurs de r_0, w et α : $u_0 = 8^m, 325$, valeur sensiblement égale à $8^m, 35$.

J'ai ensuite pour déterminer le nombre des ailes et la hauteur de ces ailes à la circonférence extérieure :

$$nL'(r_1 - r_0)\cos.\alpha = A_1 = \frac{2}{u_0} = 0^{m.car.},2395,$$

d'où

$$nL' = \frac{0,2395}{0,16 \cos.23^\circ 16'} = 1^m,629;$$

Si on prend $n = 7$, on a $L' = 0^m, 2327$.

Cette valeur de L' diffère peu de L et conduit à une forme de ventilateur facile à exécuter.

On a tracé, d'après ces données, le ventilateur *fig.* 1 et 2, *Pl. X;* l'excès de pression H étant ici

Digitized by Google

très-faible, on a indiqué que la couronne plane inférieure n'est point fixée aux tranches des ailes. Cette couronne est donc fixe, et sa face interne est rasée par les tranches des ailes, en ménageant simplement le jeu indispensable, pour qu'elles ne viennent pas frotter contre elle. Pour tenir compte des frottements de l'air contre les parties solides de la machine, je calcule d'abord l'expression

$$26\frac{p}{a}\times l.$$

a est sensiblement constant et égal à

$$\frac{0,2395}{7}=0^{\text{m.car.}}03421.$$

La base de la section transversale rectangulaire a, égale à la hauteur des ailes, varie de $0^{\text{m}},232$ à $0^{\text{m}},22$. Je suppose qu'elle soit partout égale à $0^{\text{m}},232$, ce qui augmente le périmètre et tend à exagérer le frottement, l'autre dimension du rectangle sera égale à

$$\frac{0,03421}{0,232}=0^{\text{m}},147.$$

La longueur l est à peu près égale au septième du développement de la circonférence extérieure de $0^{\text{m}},60$ de rayon ; j'adopte cette longueur qui est de $0^{\text{m}},53856$, et j'ai en conséquence :

$$26\frac{p}{a}\times l=2\times 0,0032\times\frac{2(0,147+0,232)}{0,03421}\times 0,53856= 0,076538;$$

l'équation du mouvement de l'air, en ayant égard aux frottements, est en conséquence :

$$u_1^2=w^2r_1^2-2g\times 2-0,076538u_1^2-(wr_0-u_1\cos. 23^\circ 16')^2 -0,1815u_1^2\sin.^2 23^\circ 16';$$

laquelle, après la substitution des valeurs numériques de r_0, r_1, u_1 et g devient :

$$1,948824u_1^2 - 2wu_1 \times 0,40421 = 0,1664w^2 - 39,2352,$$

d'où :

$$w = -2,42915u_1 + \sqrt{17,6126u_1^2 + 235,7885},$$

en y faisant d'abord $u_1 = 8^m,35$, ce qui est la vitesse correspondante à un débit d'air de 2 mètres cubes par seconde, on trouve :

$$w = 18^m,024, \quad \text{au lieu de } 17^m,3833.$$

A cette valeur de w correspondent 172 révolutions du ventilateur par minute.

La hauteur absorbée par les frottements de l'air, etc., calculée comme dans l'exemple précédent, est de $1^m,621$; la hauteur utile étant de 2 mètres, le rapport de l'effet au travail transmis au ventilateur est ici seulement égal à

$$\frac{2}{3,621} = 0,552,$$

Pour $u_1 = 5$ on a $w = 13,874$ (132 tours par minute). Le volume d'air extrait est de $1^{m.c.},197$ par seconde.

La hauteur absorbée par les frottements, etc., est de $1^m,30$.

Le rapport de l'effet utile au travail transmis est égal à 0,606.

Pour $u_1 = 4$, $w = 13^m,03$ (124 tours par minute).

Le volume d'air extrait est de $0^{m.cub.},958$ par seconde, et la hauteur perdue de $1^m,45$. Le rapport de l'effet utile au travail transmis est 0,580.

Digitized by Google

Ainsi donc, dans ce cas, le maximum du rapport correspond à des vitesses de 130 tours environ par minute, pour lesquelles le volume extrait est de $1^{m.c.}$,19 environ par seconde. Entre 124 et 172 tours par minute, à quoi correspondent des volumes d'air extraits respectivement égaux à $0^{m.c.}$,958 et 2 mètres cubes par seconde, ce rapport se maintient supérieur à 0,55 et monte jusqu'à 0,606.

Troisième exemple (1).

Dans la plupart des fonderies de deuxième fusion, où l'on emploie des ventilateurs soufflants, pour envoyer de l'air dans les fourneaux à la Wilkinson, la pression de l'air, en arrière des buses, est mesurée par une colonne d'eau dont la hauteur va souvent jusqu'à 10 et 12 contimètres, et le volume d'air lancé par la machine est de $0^{m.c.}$,30 à $0^{m.c.}$,40 par seconde, souvent même davantage. Je me propose, dans ce dernier exemple, de déterminer les dimensions d'un ventilateur semblable, et pour cela je commence par chercher les dimensions d'un ventilateur aspirant, capable de déplacer 1 mètre cube d'air par seconde, sous une pression $H = 90^m$ en colonne d'air. En admettant que le poids du mètre cube d'air soit de 1^k,3,90 mètres d'air équivalent à une colonne d'eau de 0^m,117, on a pour ce cas,

$$\sqrt{2gH} = 42^m,014.$$

(1) Bien que ce dernier exemple ne soit point directement applicable à l'aérage des mines, j'ai cru devoir le joindre aux précédents, pour compléter tout ce qui se rapporte aux ventilateurs à force centrifuge.

Digitized by Google

et si l'on veut que la hauteur due à la vitesse $wr_1 - u_1$ soit encore $\frac{1}{9}$ de la hauteur totale, on trouve que l'on doit avoir :

$$wr_1 = \frac{5}{3} \times 42{,}014 = 70^m{,}025;$$

et

$$u_1 = \frac{4}{3} \times 42{,}014 = 56^m{,}02,$$

on a ensuite :

$$A_1 = \frac{1}{u_1} = \frac{1}{56{,}02} = 0^{m.car.}01785.$$

En prenant le rayon r_1 égal à $0^m{,}30$, il vient pour la vitesse angulaire $w = 233^m{,}42$ (2229 tours par minute).

L'équation

$$r_0^6 - \frac{u_1^2}{w^2} r_0^4 + \frac{1}{\pi^2 w^2} = 0,$$

qui donne la valeur de r_0, devient, après la substitution des valeurs numériques de u_1, w, r_0 et π,

$$r_0^6 - 0{,}05760 r_0^4 + 0{,}00000186 = 0;$$

la valeur de r_0 qui y satisfait est comprise entre $0^m{,}24$ et $0^m{,}235$. J'adopte cette dernière valeur :

$$r_0 = 0{,}235 \text{ ; } L = \frac{r_0}{2} = 0{,}1175.$$

J'ai ensuite pour déterminer l'angle α :

$$\text{tang.}\alpha = \frac{1}{\pi w r_0^3}, \text{ d'où C.log.tang.}\alpha = 9{,}02150,$$

à quoi correspond un angle $\alpha = 6°$.

Pour déterminer ensuite le nombre des ailes et la hauteur des ailes à la circonférence extérieure, j'ai la relation :

$$nL'(r_1 - r_0)\cos.\alpha = 0{,}01785. \text{ or } r_1 - r_0 = 0{,}065,$$

Digitized by Google

donc

$$nL' = \frac{0,01785}{0,065 \cos . 6^{\circ}} = 0,276133,$$

pour $n=2$, on aurait :

$$L' = 0^{m},138066$$

pour $n=4$, on a :

$$L' = 0^{m},069033.$$

Ces dernières valeurs doivent être adoptées de préférence aux premières. Il est facile de voir que l'augmentation du nombre des ailes diminue la hauteur perdue par le frottement de l'air dans les canaux mobiles, parce qu'il diminue l'étendue des surfaces frottantes.

Supposons un ventilateur aspirant, construit d'après les données précédentes, et dans lequel les ailes seraient fixées aux deux disques qui tourneraient avec elles; l'aire de la section transversale de chaque canal mobile serait égale à

$$\frac{0,01785}{4} = 0^{m.car.},004462;$$

la hauteur de cette section rectangulaire est égale à $0^{m},1175$ à l'une de ses extrémités, et à $0^{m},069$ à l'autre extrémité; la moyenne arithmétique entre ces deux hauteurs est $0^{m},09325$. La seconde dimension de la section transversale sera égale moyennement à $0^{m},04788$; le rapport $\frac{p}{a}$ du périmètre à l'aire peut donc être pris égal à

$$\frac{2(0,09325+0,04788)}{0,004462} = 63,26;$$

la longueur l est moindre, évidemment, que le quart de la circonférence développée, dont le

Digitized by Google

rayon est de $0^{m},30$, ou que $0^{m},47124$. Adoptant toutefois ce dernier nombre, il vient :

$$26\frac{p}{a}l=0,1938.$$

Mais, dans un ventilateur soufflant, l'air atmosphérique est aspiré à la fois par les deux ouvertures centrales, ménagées dans les disques fixes, entre lesquels circulent les ailes. Il en résulte que l'aire totale que l'air doit traverser, avant d'arriver à la surface cylindrique de rayon r_0, serait égale à deux fois la surface du cercle de rayon r_0, c'est-à-dire deux fois aussi grande que dans le ventilateur aspirant, installé comme celui des *fig.* 1 et 2, *Pl. X*, si les ouvertures des disques n'étaient pas en partie obstruées par les supports de l'axe de rotation. En supposant que ces supports occupent une place égale au quart de chacun des deux cercles, ou, ensemble, à la moitié de l'un des cercles, l'aire totale par laquelle l'air pénétrera entre les disques, sera encore une fois et demie la surface du cercle de rayon r_0, et par conséquent on pourra, sans que l'air prenne, en traversant les ouvertures centrales, un excès de vitesse, augmenter de moitié la hauteur des ailes, dans le sens parallèle à l'axe, et l'écartement des disques fixes du ventilateur. Cela aura l'avantage de diminuer les frottements, et d'augmenter le volume d'air lancé par la machine, sous une même vitesse angulaire. Ainsi en portant la largeur des ailes, à la circonférence intérieure, à $0^{m},18$ au lieu de $0^{m},12$, et la largeur des ailes, à la circonférence extérieure, à $0^{m},1057$ au lieu de $0^{m},069$, conservant d'ailleurs toutes les autres dimensions, on aura :

$$\frac{p}{a}=\frac{2(0,14285+0,04788)}{0,006693}=56,99,$$

$$26\frac{p}{a}l=0,1746.$$

L'équation du mouvement relatif de l'air, dans les canaux mobiles, sera, en ayant égard aux frottements :

$$u_1^2=w^2r_1^2-2g\times 90-0,1746u_1^2-(wr_0-u_1\cos.6^\circ)^2-0,1815u_1^2\sin.^2 6^\circ,$$

qui, moyennant la substitution des valeurs de r_0, r_1, devient :

$$2,165657u_1^2-2wu_1\times 0,2337=0,034775w^2-1765,16,$$

d'où :

$$w=-6,7203u_1+\sqrt{107,4559u_1^2+50759,45};$$

à la vitesse relative $u_1=56^m,02$, correspond un volume d'air lancé de

$$56,02\times A_1=56,02\times 0,065\cos.6^\circ\times 0,1057\times 4=1^{m.cube},531$$ par seconde ;

à cette valeur de u_1 correspond une vitesse angulaire :

$$w=246^m,4 \text{ (2353 tours par minute)};$$

la vitesse absolue avec laquelle l'air abandonne les ailes est alors égale à :

$$\sqrt{w^2r_1^2+u_1^2-2u_1wr_1\cos.6^\circ}=19^m,13.$$

La direction de cette vitesse absolue forme, avec la direction de vitesse de la rotation wr_1, à la circonférence extérieure des ailes, un angle dont le sinus est déterminé par la proportion :

$$\sin.x:\sin.6^\circ::u_1:19,13,$$

d'où

$$\sin.x = \frac{56{,}02 \times \sin.6^\circ}{19{,}13},$$

l'angle x ainsi déterminé est de 17° 50'.

Pour que la vitesse absolue avec laquelle l'air est projeté par les ailes se conserve le mieux possible, il convient que l'enveloppe extérieure du ventilateur, dans laquelle l'air est recueilli, et qui se raccorde avec le porte-vent, coupe la surface cylindrique, décrite par l'extrémité des ailes, suivant un angle égal à celui que nous venons de déterminer, et que la section transversale du porte-vent soit égale au volume d'air total débité, divisé par la vitesse absolue de l'air. En d'autres termes, l'axe du porte-vent, dans le cas actuel, devrait faire, avec la tangente à la circonférence de rayon r_1, un angle de 17° 50', et la section transversale du porte-vent devrait être égale à

$$\frac{1^m{,}531}{19{,}13} = 0^{m.car.}{,}08;$$

l'une des dimensions du porte-vent rectangulaire étant prise égale à la distance intérieure des deux disques, $0^m{,}1057$, l'autre dimension serait de

$$\frac{0{,}08}{0{,}1057} = 0^m{,}1757.$$

Nous n'avons point adopté ces dimensions dans le tracé des *fig.* 1 et 2, *Pl. XI*, parce que le volume d'air de $1^{m.c}{,}52$ par seconde est supérieur à celui que doivent généralement lancer les ventilateurs soufflants, et que d'ailleurs le rapport de l'effet utile au travail transmis à la machine, augmente, ainsi que nous l'avons déjà vérifié, à mesure que les vitesses u_1 et w diminuent jusqu'à un certain

Digitized by Google

terme, en dessous de celles pour lesquelles la machine a été projetée. Ainsi, si l'on veut que la vitesse relative u_1 soit seulement de 30 mètres par seconde, le volume d'air lancé sera de $0^{m.c},82$, et l'on trouve :

$$w = 182,41 \text{ (1742 tours par minute)};$$

la vitesse absolue de l'air sortant est alors :

$$\sqrt{w^2 r_1^2 + u_1^2 - 2u_1 w r_1 \cos. 6^\circ} = 25^m,09;$$

l'angle compris entre la direction de cette vitesse et celle de la vitesse de rotation, déterminée par l'équation

$$\sin. x = \frac{30 \times \sin. 6^\circ}{25,09},$$

est seulement de $7^\circ\ 11'$.

L'une des dimensions du porte-vent étant toujours prise de $0^m,1057$, l'autre dimension serait de :

$$\frac{0,82}{0,1057 \times 25,09} = 0^m,31,$$

la force vive de l'air, à la sortie des ailes mobiles, ne peut être considérée comme perdue pour l'effet utile de la machine, puisque cette vitesse se conserve dans le porte-vent. Les causes de déchet du travail moteur consistent donc ici seulement, dans le travail résistant développé par le frottement de l'air sur les ailes, sur les bras qui lient ces ailes à l'axe de rotation, et sur les disques fixes du ventilateur, et dans les pertes de force vive au passage de l'air à travers la surface cylindrique intérieure, et au moment où il commence à être entraîné par les ailes. Pour diminuer autant que possible les frottements, le meilleur moyen paraît être de lier les ailes à l'axe de rota-

Digitized by Google

tion par un système de 4 bras en fer forgé, placés dans un plan perpendiculaire à l'axe, correspondant au milieu de la largeur des ailes, ou de la distance des disques fixes. La section transversale de chacun de ces bras est celle d'une lentille, couchée dans le plan de rotation, ce qui satisfait à la double condition de diminuer les résistances de l'air, et d'augmenter la résistance à la rupture. Ces 4 bras sont réunis par 4 arcs de cercle en fer plat, cintrés comme les ailes, et celles-ci sont boulonnées sur la convexité de ces arcs, par le milieu de leur largeur. Ces dispositions sont indiquées sur les *fig.* 1 et 2, *Pl. XI*; il paraît aussi convenable de regarder tout l'espace occupé par l'épaisseur des bras, comme perdu pour le passage de l'air, et par conséquent d'augmenter d'autant la hauteur totale des ailes, et la distance intérieure des disques. Enfin, j'ai laissé un jeu d'un centimètre 1/2 entre les bords des ailes et ces disques fixes. Ces disques devraient avoir la forme de cônes tronqués, pour emboîter les ailes dont la largeur, dans le sens parallèle à l'axe, varie de $0^m,18$ à 0,1057; mais il y aurait l'inconvénient de compliquer la construction de l'enveloppe, et en outre de donner à la tête du porte-vent une section rectangulaire de $0^m,1057$ de base sur $0^m,31$ de hauteur, section qui s'éloigne beaucoup d'un carré. Pour éviter cela, je préfère conserver aux ailes en tôle une largeur uniforme, et égale à $0^m,18$, plus l'épaisseur des bras, dans toute leur étendue; je rétrécis les orifices d'écoulement, en boulonnant sur la concavité de ces ailes, et sur leurs bords, des pièces de bois cintrées, dont la largeur va en diminuant de la circonférence au centre. Les disques latéraux conservent ainsi la forme

Digitized by Google

plane, et un écartement total qui est égal à la largeur des ailes, $0^m,18$, augmentée du jeu entre les bords des ailes et les disques, $0^m,03$, et de l'épaisseur des bras en fer auxquels sont fixées les ailes, qui est aussi de $0^m,03$, écartement total $0^m,24$. Pour éviter une variation brusque de vitesse à l'entrée de l'air dans le canal fixe qui enveloppe les ailes, on peut assujettir contre les joues internes des disques, des couronnes en bois, à profil arrondi, qui correspondent aux pièces boulonnées sur la concavité des ailes et donnent ainsi à l'entrée du canal, une largeur égale à celle des orifices d'écoulement des canaux mobiles. La section transversale du porte-vent doit être d'ailleurs égale à

$$\frac{0,82}{25,09}=0^{m.car.},0327.$$

Sa largeur dans le sens parallèle à l'axe étant de $0^m,24$, si le rétrécissement voisin de l'extrémité des ailes n'existait pas, la seconde dimension du rectangle serait seulement de $0^m,137$. A cause du rétrécissement, il faut augmenter cette seconde dimension qui pourra être fixée à environ $0^m,18$. Ainsi la courbe en forme de spirale qui sert de base à l'enveloppe cylindrique du ventilateur, se détachera de la circonférence décrite par l'extrémité des ailes, sous un angle de $7°\ 11'$, et s'écartera graduellement de cette circonférence, de manière qu'après 4 angles droits, l'écartement soit de $0^m,18$. La section du porte-vent, à son origine, sera ainsi un rectangle de $0^m,18$ sur $0^m,24$, dont une partie sera occupée par l'espèce de bourrelet annulaire correspondant à la partie des ailes ré-

Digitized by Google

trécie latéralement. Peut-être ces pièces fixées aux ailes et aux joues internes des disques peuvent-elles être supprimées sans inconvénient pour l'effet utile de la machine ; c'est ce que l'expérience seule pourra décider. Elles sont indiquées en lignes ponctuées, dans la *fig.* 2, *Pl. XI.*

Avec cette construction, il paraît certain que la hauteur perdue par le frottement de l'air contre les ailes et les disques fixes de la machine, sera tout au plus égale à :

$$\frac{0{,}1746\,u_1^2}{2g} = \frac{0{,}1746\times 900}{19{,}6176}\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots = 8^m{,}01$$

la hauteur perdue par la contraction à l'entrée de la surface cylindrique de rayon r_0 serait :

$$\frac{0{,}1815\,u_1^2\sin.^2 6^\circ}{2g} = \frac{0{,}1815\times 900\times \sin.^2 6^\circ}{19{,}6176}\ldots\ldots = 0^m{,}98$$

la hauteur perdue par le choc sera :

$$\frac{(wr_0 - u_1\cos.6^\circ)^2}{2g} = \frac{(182{,}41\times 0{,}235 - 30\cos.6^\circ)^2}{2g} = 8^m{,}66$$

Hauteur perdue totale. . . . $17^m{,}65$

C'est seulement le cinquième environ de la hauteur *utile* 90 mètres, et il me semble fort probable que la hauteur absorbée par les résistances dues aux frottements de l'air et à ses variations brusques de vitesse, sera plutôt en dessous qu'en dessus de ce chiffre ; mais il faut ajouter à cela la hauteur perdue par le frottement, dans le parcours de la conduite, ou porte-vent. Celui-ci ayant une section rectangulaire de $0^m{,}18$ de hauteur sur 0,24 de base, si on lui conserve la même forme jusqu'au bout, la hauteur perdue, par mètre cou-

Digitized by Google

rant, sera, en désignant par V la vitesse avec laquelle l'air y circule :

$$\frac{6}{g} \times \frac{2(0,18+0,24)}{0,18 \times 0,24} V^2 = \frac{0,0032}{9,8088} \times \frac{0,84}{0,0432} \times V^2$$
$$=0,006344V^2;$$

la vitesse de l'air V sera d'environ 19 mètres par seconde, quand le ventilateur lancera 0^m 82 par seconde ; on aura donc

$$0,006344V^2=2,238.$$

Si la longueur du porte-vent est de 10 mètres, la hauteur perdue, dans le parcours, sera de $22^m,38$, c'est-à-dire que la pression de l'air étant mesurée, à la circonférence des ailes, par une hauteur d'air de 90 mètres, cette pression au bout du porte-vent ne sera plus que de $67^m,62$. (Il faut comprendre dans la longueur totale du porte-vent, le développement de la courbe en spirale qui enveloppe le ventilateur, qui est d'environ 5 mètres.)

On voit combien il importe de rapprocher le ventilateur des orifices ou buses par lesquels l'air doit sortir, et si on était obligé de le placer à une grande distance, il faudrait donner au porte-vent de grandes dimensions, pour que l'air y circulât avec une faible vitesse. Dans ce cas la force vive due à la vitesse avec laquelle l'air est lancé par les ailes, à la tête du porte-vent, serait sans doute à peu près entièrement perdue, et cette perte correspondrait à une hauteur égale à

$$\frac{\overline{25}^2}{19,6176}=31^m,86;$$

il serait donc avantageux d'élargir le porte-vent, sauf à perdre cette dernière hauteur, lorsque la

distance aux buses serait d'environ 15 mètres.

Ainsi, dans les trois cas que je viens de discuter, les ventilateurs décrits utiliseront à peu près 60 p. 100 du travail moteur transmis, sauf toutefois le travail absorbé par les frottements des parties solides de la machine les unes contre les autres. La simplicité de construction de ces machines, ainsi que la transmission de mouvement qui leur est applicable, et la faible pression de l'axe sur ses paliers, sont telles qu'il ne peut y avoir, par cette dernière cause, qu'un très-faible déchet, si la machine est d'ailleurs bien installée.

Enfin les trois cas que j'ai discutés embrassent tous les cas possibles, et fournissent des règles générales de construction applicables à toutes les pressions et à tous les volumes d'air, à toutes les valeurs de H et du volume d'air à extraire.

En effet, si un ventilateur aspirant qui débite un volume d'air Q sous une pression d'air mesurée par une hauteur H′, est adapté à une capacité contenant de l'air dont la pression soit inférieure à la pression extérieure, d'une quantité mesurée par une hauteur quelconque H′ différente de H, le volume d'air débité par ce ventilateur, sous la pression H′, sera au volume d'air débité sous la pression H, dans le rapport direct des racines carrées des hauteurs H et H′, pourvu que les vitesses angulaires soient entre elles dans le rapport des mêmes racines carrées. En effet, l'équation générale qui donne la vitesse relative u_1, en fonction de la vitesse angulaire w et de la hauteur H, est :

$$u_1^2 = w^2 r_1^2 - 2gH - Ku_1^2 - (wr - u_0 \cos.\alpha)^2 - \left(\frac{1}{\mu^2} - 1\right)v^2,$$

dans laquelle K est un coefficient numérique, qui ne dépend que de la forme et des dimensions du ventilateur, μ un coefficient numérique aussi constant, r_1, r_0 et α des quantités fixes pour un ventilateur déterminé. D'ailleurs les vitesses v et u_0 sont avec la vitesse finale d'écoulement u_1 dans des rapports constants, dépendant des dimensions de la machine, de sorte qu'en définitive l'équation précédente est de la forme.

$$Au_1^2 - Bu_1 w r_0 = -2gH + w^2(r_1^2 - r_0^2), \qquad \text{(M)}$$

dans laquelle A, B, $2g$ et $r_1^2 - r_0^2$ sont des nombres constants pour une même machine.

Or si dans l'équation (M) on fait varier à la fois la hauteur H et la vitesse angulaire w, de telle sorte que w^2 varie proportionnellement à h, et w proportionnellement à $\sqrt{H}$, il est clair que la valeur de u_1 fournie par l'équation (M), variera aussi comme la vitesse angulaire w, et comme la racine carrée de H. Or cette vitesse u_1 est proportionnelle au volume d'air que débite la machine. Donc si le ventilateur projeté pour une pression H, et qui débite un volume d'air Q, en recevant une vitesse angulaire w sous cette pression, fonctionne sous une pression différente H', et reçoit une vitesse angulaire égale à

$$w\frac{\sqrt{H'}}{\sqrt{H}},$$

il débitera un volume d'air Q', qui sera égal à

$$Q\frac{\sqrt{H'}}{\sqrt{H}},$$

conformément au principe énoncé. Il est certain, en outre, que la hauteur absorbée par les résis-

tances passives demeurera la même fraction de la hauteur totale dans lesdeux cas; car les différents termes dont la somme compose cette hauteur perdue, sont proportionnels soit au carré de la vitesse u_1, soit au produit wu_1, soit à $\frac{w^2}{Q}$; or toutes ces quantités, u_1^2, wu_1 et $\frac{w^2}{Q}$ demeurent proportionnelles à la hauteur totale H dans les deux cas.

Ainsi donc un ventilateur donné fonctionnera avec le même avantage, sous toutes les pressions, en prenant des vitesses angulaires respectivement proportionnelles aux racines carrées des pressions, et débitant des volumes d'air proportionnels à ces mêmes racines carrées.

Si maintenant on conçoit deux ventilateurs de dimensions différentes, mais de formes semblables, et si l'on place ces ventilateurs sous des pressions égales, je dis que les volumes d'air qu'ils débiteront seront proportionnels aux carrés de leurs dimensions linéaires homologues, pourvu que les vitesses angulaires varient en raison inverse de ces mêmes dimensions. En effet, pour des ventilateurs de formes semblables, les coefficients A et B de l'équation (M) demeurent exactement les mêmes, car ces coefficients sont composés de l'angle α qui ne change pas, de nombres constants, et de fonctions *de degré nul* des dimensions linéaires du ventilateur, fonctions qui par conséquent ne varient pas, quand toutes les dimensions changent dans le même rapport. Si donc H ne change pas de valeur, le second membre de l'équation (M) restera invariable, lorsque r_1 et r_0 et viendront à varier ensemble, pourvu que la vitesse angulaire v varie en raison inverse, de telle sorte que les vitesses

Digitized by Google

wr_1 et wr_0 demeurent les mêmes. Cette équation (M) fournira donc toujours la même valeur pour la vitesse d'écoulement u_1. Or le volume d'air extrait par seconde est le produit de cette vitesse u_1 par la somme des orifices d'écoulement, qui est elle même proportionnelle aux carrés des dimensions linéaires. Ainsi donc, si les vitesses angulaires de deux ventilateurs semblables, mais de dimensions différentes, varient en raison inverse des dimensions linéaires homologues, les volumes d'air extraits varieront en raison directe des carrés des mêmes dimensions, la pression H demeurant constante.

Il est encore facile de voir que la hauteur perdue par le frottement demeurera constante dans ces deux cas, comme la hauteur totale H.

Supposons maintenant qu'un ventilateur, dont le rayon extérieur est égal à R, placé sous une pression H, débite un volume d'air Q, quand on lui imprime une vitesse angulaire w, en utilisant 60 p. o/o du travail moteur transmis.

On demande de fixer le rayon extérieur d'un ventilateur *semblable* au premier, capable d'extraire un volume d'air donné Q', la pression étant H', en utilisant la même fraction du travail moteur.

Si le ventilateur de rayon R était placé sous la pression H', il débiterait un volume d'air égal à

$$Q\frac{\sqrt{H'}}{\sqrt{H}},$$

en prenant une vitesse angulaire égale à

$$w\frac{\sqrt{H'}}{\sqrt{H}}.$$

Le ventilateur cherché devant débiter un volume d'air Q', sous la pression H', les dimensions li-

Digitized by Google

néaires devront être à celles du premier, dans le rapport des racines carrées des volumes

$$Q' \text{ et } Q\frac{\sqrt{H'}}{\sqrt{H}},$$

ainsi on aura, en désignant par R' son rayon extérieur :

$$R':R::\sqrt{Q'}:\sqrt{Q}\sqrt[4]{\frac{H'}{H}},$$

d'où

$$R'=R\times\frac{\sqrt{Q'}}{\sqrt{Q}}\sqrt[4]{\frac{H}{H'}}.$$

La vitesse angulaire qu'il faudra lui imprimer étant désignée par w', on aura, pour la déterterminer, la proportion :

$$w':w\frac{\sqrt{H}}{\sqrt{H'}}::R:R',$$

d'où

$$w'=w\frac{R}{R'}\frac{\sqrt{H'}}{\sqrt{H}}=w\frac{\sqrt{Q}}{\sqrt{Q'}}\frac{\sqrt[4]{H'}\sqrt{H'}}{\sqrt[4]{H}\sqrt{H}}$$

$$=w\frac{\sqrt{Q}}{\sqrt{Q'}}\sqrt[4]{\frac{H'^3}{H^3}}.$$

Ainsi, les dimensions linéaires homologues sont entre elles, en raison directe, des racines carrées des volumes d'air à extraire, et en raison inverse des racines quatrièmes des pressions.

Les vitesses angulaires sont en raison inverse des racines carrées des volumes, et en raison directe des racines quatrièmes des cubes des pressions.

Ces principes sont applicables non-seulement aux ventilateurs, c'est-à-dire aux machines aspirantes dites à force centrifuge, mais encore à toutes

les machines composées de tuyaux dans lesquels circule un fluide, et par conséquent à toutes les roues auxquelles on donne le nom de roues à *réaction* et que l'on pourrait, avec plus de raison, appeler des roues à tuyaux. Ils n'impliquent rien sur la valeur des coefficients numériques du frottement des fluides ; ils supposent seulement que ces frottements sont proportionnels à l'étendue du périmètre mouillé, et aux carrés des vitesses du fluide qui circule dans les tuyaux, ce qui est sensiblement exact pour les vitesses un peu grandes.

Pour déplacer de fort grands volumes d'air sous de très-petites pressions, il conviendra, comme on voit, de construire de très-grands ventilateurs, qui tourneront lentement, tandis que pour de petits volumes d'air, sous des pressions grandes, il faudra construire des ventilateurs extrêmement petits, mais qui devront tourner avec une rapidité excessive.

Par exemple, si l'on veut déplacer 25 mètres cubes d'air par seconde, sous une pression H, mesurée par une colonne d'air de 6 mètres de hauteur, on comparera le ventilateur à construire à celui qui déplace $1^{mmm},197$ par seconde, sous une pression de 2 mètres, en faisant 132 tours par minute. Le ventilateur serait semblable à ce dernier, dont les dimensions linéaires seraient augmentées dans le rapport de

$$\frac{\sqrt{25}}{\sqrt{1,197}} \times \sqrt[4]{\frac{2}{6}},$$

de sorte que le rayon extérieur du nouveau ventilateur serait égal à

$$0,6 \times \frac{\sqrt{25}}{\sqrt{1,197}} + \frac{1}{\sqrt[4]{3}} = 2^{m},08.$$

Digitized by Google

Le nombre de tours par minute serait égal à

$$132 \times \frac{\sqrt{1,197}}{\sqrt{25}} \sqrt[4]{3^3} = 66.$$

Un appareil semblable suffirait pour produire un courant d'air fort vif, dans une salle dont la section transversale serait de 50 à 60 mètres carrés, puisque la vitesse de ce courant serait d'un demi-mètre environ par seconde.

Si l'on veut au contraire déplacer ou lancer de petits volumes d'air sous des pressions très-fortes, on est conduit par le calcul à donner aux ventilateurs de fort petites dimensions, à les faire tourner avec une rapidité excessive, et l'on tombe sur des conditions à peu près impossibles à réaliser dans la pratique. Aussi le ventilateur ne peut-il pas être appliqué à des cas semblables où les machines aspirantes ou soufflantes à pistons paraissent préférables.

Dans la plupart des applications, on ne connaîtra pas exactement d'avance la pression H, sous laquelle devra fonctionner le ventilateur; mais cela n'aura pas encore une très-grande importance, parce que, d'une part, un ventilateur donné fonctionnera, avec la même économie de force motrice, sous toutes les pressions, si on lui imprime la vitesse angulaire la plus convenable sous chacune d'elles. Le volume d'air extrait dépendra aussi de cette vitesse angulaire; mais d'un autre côté, celle-ci et le volume d'air correspondant peuvent s'écarter considérablement en dessus ou en dessous des valeurs qui conviennent au maximum de l'effet utile, sans que pour cela il y ait un surcroît considérable de travail moteur perdu ; il en résulte qu'une évaluation d'ailleurs

Digitized by Google

assez grossière de la pression H suffira dans la pratique, pour régler d'assez bonnes dimensions de l'appareil à construire.

Ainsi, dans les mines d'une étendue très-considérable, on pourra admettre que le volume d'air à extraire par seconde est de 10 mètres cubes au plus, et que la valeur maximum de H est de 90 mètres, ce qui correspond à une colonne d'eau de $0^m,11$ à $0^m,12$. Ces chiffres sont supérieurs à ceux observés dans la mine de l'Espérance.

On construira pour cela un ventilateur semblable à celui des *fig.* 6 et 7, *Pl. IX*. Son rayon extérieur, déterminé conformément aux règles précédemment énoncées, sera égal à

$$0^m,6 \times \frac{\sqrt{10}}{\sqrt{5,085}} \sqrt[4]{\frac{63,83}{90}} = 0^m,77.$$

Sa vitesse angulaire devra être égale à

$$80,182 \sqrt{\frac{5,085}{10}} \sqrt[4]{\frac{\overline{90}^3}{\overline{63,83}^3}} = 73,98,$$

c'est-à-dire que le ventilateur devra faire 706 tours par minute.

En prenant $1^k,25$ pour le poids du mètre cube d'air aspiré par la machine, le travail utile serait par seconde de

$$12,5 \times 90 = 1125^{\text{kilog.}} \text{ (15 chevaux-vapeur).}$$

Le travail transmis réellement au ventilateur devrait être au travail utile dans le rapport de 100 à 60, ou 5 à 3 environ; c'est-à-dire que ce travail serait de 25 chevaux-vapeur, et il faudrait vraisemblablement une machine à vapeur de la force nominale de 30 chevaux pour réaliser l'effet voulu.

Digitized by Google

Ceci s'applique, je le répète, aux mines très-étendues, où la ventilation doit être excessivement active, et dont les galeries ne seraient pas très-larges. Pour la mine de l'Espérance, si souvent citée, un aérage moins actif est suffisant.

Pour des mines étendues, comme le sont la plupart des grandes houillères de la Belgique et du département du Nord, un volume de 5 mètres cubes par seconde suffira, et la hauteur H sera tout au plus égale à 40 mètres.

Pour obtenir un semblable résultat, le ventilateur sera encore de forme semblable à celui *Pl. IX*. Son rayon extérieur sera égal à

$$0,6 \times 1 \times \sqrt[6]{\frac{63,83}{40}};$$

sa vitesse angulaire sera égale à

$$80,182 \times 1 \times \sqrt[4]{\frac{\overline{40}}{\overline{63,83}^3}} = 45,51 \text{ (435 tours par minute).}$$

En prenant encore $1^k,25$ pour le poids du mètre cube d'air; le *travail utile* serait par seconde de

$$6,25 \times 40 = 250^k \times ^m, \text{ (3,33 chevaux-vapeur);}$$

le travail transmis au ventilateur serait

$$\frac{5}{3} \times 3,33 = 5,55 \text{ chevaux-vapeur },$$

et une machine de la force nominale de 7 à 8 chevaux suffirait certainement pour réaliser l'effet désiré.

Quant aux salles d'hôpitaux, aux sécheries, aux galeries de mines isolées d'une petite étendue, on préférera la forme du ventilateur des *fig*. 1 et 2,

Digitized by Google

Pl. X, et les dimensions dépendent ici presque uniquement du volume d'air à déplacer, qu'il faudra déterminer dans chaque cas particulier. Le travail-moteur nécessaire pour mettre la machine en mouvement sera aussi facile à calculer, d'après le volume d'air à déplacer, et demeurera toujours fort peu considérable.

Dans les ventilateurs et toutes les machines analogues dépourvues de soupapes, et dans l'intérieur desquelles les fluides sur lesquels on agit circulent avec de grandes vitesses, la cause principale de perte de travail moteur est dans le frottement du fluide contre les parois solides de l'appareil. On pourrait croire, d'après cela, que l'ancien ventilateur à ailes droites, dirigées vers l'axe, serait plus avantageux que les ventilateurs à ailes courbes les mieux construits, parce que les canaux formés par les ailes étant très-larges, les frottements sont moindres; ce serait une erreur; car il est facile de voir que dans le ventilateur aspirant à ailes droites, la force vive absolue de l'air sortant absorbera toujours plus de la moitié du travail moteur transmis à l'appareil. En effet, si H exprime la hauteur qui mesure l'excès de pression de l'air extérieur sur l'air aspiré, il est évident que l'air ne pourra s'écouler à la périphérie du ventilateur, quelle que soit sa construction, qu'autant que la vitesse de l'extrémité des ailes sera plus grande que la vitesse due à la hauteur H. Ainsi, wr_1 étant la vitesse de l'extrémité des ailes, on aura, quand le ventilateur déplacera de l'air,

$$wr_1 > \sqrt{2gH}.$$

Or, dans le ventilateur à ailes droites, la vitesse

Digitized by Google

absolue de l'air sortant est évidemment la résultante de la vitesse wr_1 de l'extrémité des ailes, et de la vitesse relative avec laquelle l'air coule dans les compartiments formés par les ailes. La direction de cette vitesse relative est ici, suivant les rayons aboutissants à l'axe, perpendiculaire par conséquent à wr_1. La vitesse absolue, résultant de ces deux vitesses rectangulaires, est donc toujours plus grande que l'une des composantes, plus grande *à fortiori* que

$$\sqrt{2gH}.$$

Si Q est le poids de l'air déplacé par le ventilateur dans l'unité des temps, la demi-force vive absolue de l'air sortant sera donc plus grande que

$$\frac{Q}{g} \times gH,$$

ou QH. Comme ce dernier produit est la mesure du travail utile de la machine, il s'ensuit que la seule force vive, due à la vitesse absolue avec laquelle l'air sortant sera projeté par les ailes droites du ventilateur, exigera une dépense de travail moteur égale au travail utile.

Un ventilateur aspirant à ailes droites ne peut donc jamais utiliser les $\frac{50}{100}$ du travail moteur qui lui est transmis, et dans la réalité il utilise une fraction beaucoup moindre de ce travail, soit à cause des frottements de l'air qui ne sont pas nuls, soit surtout à cause du choc des ailes droites contre l'air, à son entrée dans les cellules formées par ces ailes.

§ VI. *Des lampes de sûreté.*

La commission instituée à Liége pour l'essai des lampes de sûreté, a rendu compte des prin-

Digitized by Google

cipales expériences qu'elle a faites jusqu'ici, dans deux rapports au ministre des travaux publics, imprimés à la suite du recueil des mémoires couronnés par l'Académie de Bruxelles. Elle a expérimenté sur les lampes de Davy ordinaires, sur la lampe d'Upton et Roberts, et sur celle de M. Eugène Dumesnil, décrite avec détail dans le tome XVI des *Annales des mines*, p. 511 et *Pl. VIII.*

La commission, après avoir constaté que la lampe de Davy est de sûreté, dans un mélange de gaz oléfiant et d'air, pendant un temps indéfini, lorsqu'elle n'est pas frappée par un courant, a pratiqué ensuite à dessein des défauts dans le treillis métallique de cette lampe.

Elle a reconnu que la rupture de trois ou quatre mailles contiguës, ou des trous arrondis de trois à cinq millimètres de diamètre, pratiqués dans le treillis, à six ou huit centimètres au-dessus de la mèche, ou dans la calotte de cuivre dont la toile est surmontée, n'ont pas suffi pour que la combustion se propageât de l'intérieur à l'extérieur de la lampe. Tout ce que les commissaires ont pu remarquer, c'est que la présence de ces défauts amenait une perturbation dans l'allure ordinaire de la lampe. La flamme était moins fixe, et semblait tournoyer dans l'intérieur de la toile métallique. On vit à deux reprises une pointe de flamme sortir par l'un des trous jusqu'à 1/2 centimètre de distance du réseau métallique, et s'éteindre aussitôt, « probablement, dit la commission, parce » qu'elle était étouffée par une forte proportion, » d'acide carbonique résultant de la combustion » et lancée au dehors par le trou qui avait livré » passage à ces jets de flamme. »

Digitized by Google

Tandis qu'une ouverture de 5 millimètres de diamètre, pratiquée vers le haut du cylindre de gaze métallique, ne détruisait pas, dans des circonstances ordinaires, les propriétés préservatrices de la lampe de Davy, il suffisait d'un défaut de moins de deux millimètres d'ouverture, pratiqué à peu près à la hauteur de la mèche, pour que l'explosion eût lieu. Cette explosion était favorisée, lorsque le courant de gaz ou de mélange détonant était dirigé sur la mèche. Les expériences dans des mélanges en proportions variées de gaz oléfiant provenant de la distillation de la houille, et d'air atmosphérique, ont été faites sur des lampes dont la toile présentait 144 mailles par centimètre carré, savoir : épaisseur des fils $\frac{27}{100}$ de millimètre; largeur des trous $\frac{56}{100}$ de millimètre, ce qui fait $\frac{5}{9}$ de plein et $\frac{4}{9}$ de vide. (P. 430 du Recueil des mémoires sur l'aérage.)

La lampe de Davy, essayée dans un mélange d'air et d'hydrogène pur, a laissé passer la flamme, même lorsque le treillis avait 215 mailles au centimètre carré, au lieu de 144.

La lampe d'Upton et Roberts a résisté dans ce dernier mélange.

La même lampe, dépouillée de son cylindre en cristal, et placée dans un mélange détonant d'air et de gaz oléfiant, a déterminé des explosions deux fois de suite. Cela tient à ce que la toile métallique dont elle était munie n'avait que 100 mailles au centimètre carré, au lieu de 144. Les fils étaient d'ailleurs assez minces pour qu'il y eût $\frac{9}{16}$ de vide et $\frac{7}{16}$ de plein seulement.

La lampe Dumesnil résiste dans un mélange d'air et d'hydrogène pur, comme dans un mélange d'air et de gaz oléfiant, lorsque les toiles métal-

Digitized by Google

liques qui recouvrent les tuyaux adducteurs de l'air ont environ 400 mailles au centimètre carré ; la même lampe résiste encore, dans le mélange d'air et de gaz oléfiant, quand ces toiles de 400 mailles au centimètre carré sont remplacées par des toiles en fer de 144, et même des toiles en cuivre de 126 mailles au centimètre carré. Dans le mélange d'air et d'hydrogène pur, il y a eu explosion, lorsque les toiles métalliques de 400, ont été remplacées par des toiles en cuivre de 215 mailles seulement au centimètre carré. La commission n'a pas pu s'assurer si, dans ce dernier cas, l'explosion avait eu lieu, par retour de la flamme contre le courant d'air entrant à travers les toiles métallique, ou bien si la combustion s'est communiquée par l'ouverture supérieure de la cheminée.

Les avantage marqués de la lampe Dumesnil sur les autres lampes ont déterminé la commission de Liége à la soumettre à de nouvelles expériences, dans l'usine à gaz de la compagnie Liégeoise, en même temps qu'elle était soumise, dans plusieurs mines, aux épreuves de la pratique. Ces expériences sont l'objet du second rapport de la commission. En voici les résultats.

La lampe a été essayée d'abord, dans les cloches contenant des mélanges explosifs d'air et de gaz oléfiant, ou d'air et d'hydrogène, dans ses dimensions ordinaires, mais privée du chapeau sphérique, qui recouvre la cheminée.

Secondement, elle a été essayée avec une cheminée plus courte, surmontant le plateau supérieur de 15 centimètres seulement au lieu de vingt-trois.

Dans aucun de ces cas, la lampe n'a fait défaut, quand elle était d'ailleurs bien confectionnée. Une

Digitized by Google

seule lampe a laissé passer la flamme au dehors, dans le mélange d'hydrogène et d'air, et la commission s'est assurée que cela provenait de ce que l'ouvrier avait laissé trop de jeu, entre la tige du porte-mèche et les parois du trou qui lui livre passage, dans le plateau inférieur. Ce défaut auquel il a été facile de porter remède, n'a pas altéré d'ailleurs les propriétés préservatrices de la lampe, dans le mélange d'air et de gaz oléfiant.

Sous le rapport de son emploi, dans les mines, la lampe Dumesnil répand une clarté comparable à celle de trois lampes de Davy ordinaires, tout en ne consommant pas beaucoup plus d'huile qu'une de celles-ci; elle brûle et éclaire parfaitement, pendant huit et même dix heures, sans autre soin que de remonter la mèche deux ou trois fois, pendant cette durée; la poussière de charbon qui est souvent très-abondante, dans les mines, ne l'empêche point de fonctionner. (P. 440 de l'ouvrage cité.)

Les inconvénients signalés par la commission sont que le poids et le volume de la lampe Dumesnil constituent, sinon un obstacle, du moins une grande difficulté à ce que son usage soit généralement substitué aux lampes de Davy, vu la gêne qu'elle occasionnerait à l'ouvrier, obligé de la transporter fréquemment avec lui, et notamment la presque impossibilité de s'en servir, en montant et descendant par les échelles; d'où la commission conclut, que son emploi ne pourra être que local, tant qu'on ne sera pas parvenu à réduire ses dimensions, ou à introduire dans les mines un système d'éclairage fixe.

La commission a encore essayé deux modèles de lampes qui lui ont été soumis par MM. Lemielle

Digitized by Google

et Mueseler. J'analyserai seulement le passage relatif à la lampe de M. Mueseler, dont une gravure est jointe au rapport de la commission. Elle se compose d'un réservoir d'huile disposé comme celui d'une lampe de Davy ordinaire. Le porte-mèche, la tige servant de mouchette sont aussi disposés de la même manière. L'enveloppe est formée, à sa partie inférieure, et sur les $\frac{2}{5}$ environ de sa hauteur totale, d'un tube en verre, garanti des chocs extérieurs par six tiges verticales, ajustées inférieurement sur une virole, qui se visse sur le contour du réservoir, et supportant à leur partie supérieure un cercle en cuivre. Au-dessus du tube en verre, est un cylindre en gaze métallique, fermé en haut par un chapeau en cuivre rouge, percé de trous. C'est par les ouvertures de ce cylindre et du chapeau que s'échappent les gaz résultant de la combustion. Un disque en toile métallique est posé horizontalement au-dessus du tube en verre, et sépare par conséquent l'espace cylindrique supérieur circonscrit par la toile métallique. Un tube cylindrique ou légèrement conique, en tôle mince ou en fer-blanc, traverse dans son milieu le disque horizontal auquel il est rivé par son contour. Ce tube servant de cheminée descend à peu près jusqu'au milieu de la hauteur du cylindre en verre, et il est évasé à son orifice inférieur. Il se prolonge au-dessus du disque jusques à la moitié environ de la hauteur de l'enveloppe métallique. La forme et les dimensions de la lampe Mueseler s'écartent peu de celles de la lampe de Davy.

Elle diffère de la lampe Dumesnil, en ce que l'air nécessaire à la combustion, au lieu d'arriver sur les côtés de la mèche par des tubes adducteurs recouverts de toile métallique, entre par-dessus

Digitized by Google

les bords du cylindre en verre, et descend le long des parois intérieures de ce cylindre, tandis que le courant de gaz chauds résultant de la combustion, s'élève dans l'axe de la lampe, sous la cheminée fixée au disque horizontal en toile métallique.

La lampe Mueseler éclaire à peu près autant que deux lampes de Davy.

Elle est de *sûreté* dans un mélange d'hydrogène et d'air, comme dans un mélange d'hydrogène carboné et d'air. Il est même très-remarquable que, dans le mélange d'hydrogène et d'air, cette lampe n'a pas produit d'explosion, même dans le cas où le cylindre supérieur de gaze métallique a été enlevé; ce qui ne peut s'expliquer, dit le rapport, « que par l'épanchement » d'une partie des produits de la combustion, au- » tour de la partie inférieure de la cheminée, » épanchement qui aurait suffi pour rendre inex- » plosif le mélange d'air et d'hydrogène arrivant » sur la mèche. »

La commission voit un grand perfectionnement dans la disposition qui consiste à faire arriver par le haut, et non par le bas, l'air destiné à alimenter la combustion, parce que, dans le cas où l'air de la mine renfermerait des gaz combustibles, le premier effet de ces gaz étant d'augmenter momentanément l'activité de la combustion et le volume des gaz brûlés, une partie de ceux-ci viendrait se mêler au courant d'air entrant, ce qui non-seulement rend impossible toute déflagration, mais encore contribue à la prompte extinction des parties en ignition.

La commission qui, d'après ces considérations, incline beaucoup à donner la préférence à la lampe

Digitized by Google

Mueseler sur toutes les autres, conclut, en définitive, qu'il serait à désirer que le gouvernement belge autorisât l'emploi dans les mines des lampes nouvellement inventées par MM. Dumesnil, Lemielle et Mueseler, et considère cette tolérance comme une mesure transitoire, propre à faire décider par la pratique, à laquelle il y a lieu d'accorder définitivement la préférence, et quel est celui de ces appareils dont il conviendra peut-être un jour d'ordonner l'usage exclusif dans les travaux des mines à grisou.

Le fait capital qui ressort des expériences de la commission, et qui a été signalé par elle, consiste en ce que, dans toutes les lampes de sûreté, l'inflammation des gaz se propage du dedans au dehors, en suivant le courant qui alimente la combustion, et non en suivant le courant des gaz brûlés, qui s'échappe à la partie supérieure des lampes, et qui est impropre à l'entretien de la combustion. Aussi les défauts de la lampe de Davy n'altèrent pas ses qualités préservatrices, quand ils sont à la partie supérieure du treillis, mais bien quand ils sont à la hauteur de la mèche.

La lampe Dumesnil est sûre, même dans l'hydrogène pur, lorsque la cheminée a son orifice supérieur entièrement à découvert, et que cette cheminée n'a d'ailleurs que 15 centimètres de hauteur au-dessus de la plate-forme.

Il en est de même de la lampe Mueseler, dépourvue du cylindre supérieur en toile métallique.

C'est du reste cette idée, si bien confirmée par l'expérience, qui a guidé les inventeurs des nou-

Digitized by Google

velles lampes, l'ouvrier mineur Roberts et M. Dumesnil.

Il est bien certain, d'après cela, qu'en ne donnant pas aux tuyaux adducteurs de la lampe Dumesnil une trop grande ouverture, et en conservant à la cheminée une hauteur de 15 centimètres seulement au-dessus de la plate-forme, cette cheminée pourrait, sans inconvénient, demeurer entièrement ouverte, si l'on n'avait point à craindre l'influence d'un courant descendant de gaz inflammable, qui viendrait frapper l'orifice supérieur de la cheminée avec une vitesse suffisante pour entrer dans l'intérieur de la lampe. Encore dans ce cas, serait-il difficile que l'explosion eût lieu, et il me paraît plus probable que la lampe s'éteindrait par le retour des gaz brûlés sur la mèche. Quoi qu'il en soit, on pourra éviter tout danger de ce côté, en conservant sur l'orifice supérieur de la cheminée le chapeau en forme de calotte sphérique renversée, adopté par M. Dumesnil, et l'on ne devra point trop diminuer la section du passage restant ouvert pour l'écoulement des gaz brûlés, parce que cela pourrait nuire à l'activité de la combustion et à la clarté que la lampe répand, sans augmenter en rien le degré de sûreté de l'appareil.

Les inconvénients résultant du trop grand poids et du trop grand volume de la lampe Dumesnil me paraissent, je l'avoue, beaucoup moins graves qu'ils ne l'ont paru à la commission liégeoise. Cette lampe n'a en effet que 40 centimètres de longueur totale, y compris la cheminée. On peut diminuer, sans inconvénient, la hauteur de celle-ci de 8 centimètres (de 23 à 15). Il resterait seulement 32 centimètres de hauteur, et cette dimen-

Digitized by Google

sion n'est pas trop gênante. Rien n'empêche l'ouvrier de pendre la lampe à son cou, au moyen d'une petite corde, pour monter ou descendre les échelles.

On pourrait, probablement encore, réduire les dimensions de cette lampe ; mais il faudra, dans ces essais, tâcher de ne pas diminuer la quantité de lumière qu'elle fournit ; car on substituerait alors un inconvénient plus fâcheux à celui qu'on aurait fait disparaître.

Une chose qui gêne beaucoup, dans l'emploi des lampes de sûreté, c'est qu'aucune d'elles ne peut éclairer le toit des excavations. C'est une cause très-grave de dangers, dans les excavations élevées de la plupart de nos mines de houille du centre et du midi de la France. Peut-être serait-il possible d'éclairer en dessus avec la lampe Dumesnil, en substituant au disque métallique qui est superposé au cylindre en cristal, et porte la cheminée, un disque également en cristal, percé d'une ouverture centrale pour le passage de la cheminée.

Le degré plus grand de lumière que répand la lampe Dumesnil la rend, selon moi, préférable à celle de M. Mueseler, où la combustion est nécessairement moins parfaite, parce que le courant d'air qui vient l'alimenter est contrarié par le courant des gaz brûlés, qui circule en sens contraire. Je craindrais donc que celle-ci ne brûlât fort mal, ou ne vînt à s'éteindre tout à fait, dans le cas où l'atmosphère de la mine ne serait pas tout à fait pure, quoique encore éloignée du point où elle serait explosive.

En définitive, il est évident pour moi, comme pour la commission de Belgique, que la nouvelle

Digitized by Google

lampe Dumesnil a des avantages signalés sur la lampe de Davy ordinaire ; je pense donc qu'il convient que l'administration des mines de France, non-seulement en autorise l'emploi dans les mines, mais même le favorise, soit en chargeant MM. les ingénieurs des départements où il existe des mines de houille de les faire connaître et de les recommander aux exploitants de leur ressort, soit en faisant confectionner un certain nombre de ces lampes, comme modèles, pour les distribuer aux exploitants de mines de houille et aux ingénieurs des mines.

Je crois devoir répéter, en terminant ce mémoire, qu'un excellent aérage de la mine demeurera toujours indispensable, et sera la première condition de sécurité des ouvriers, quel que soit d'ailleurs l'appareil d'éclairage employé. Comme tous ces appareils sont sujets à des ruptures accidentelles, on ne peut les regarder que comme un palliatif du danger, et non comme un préservatif réel. L'état de l'air d'une mine doit donc être tel, que l'on pût généralement travailler, dans toutes ses parties, avec des lampes découvertes. On emploiera cependant les lampes de sûreté, qui seront utiles dans les cas où l'aérage viendrait à être momentanément interrompu par un accident, où une irruption subite de gaz inflammable vicierait l'air, etc. La combinaison des deux moyens offrira alors une sûreté presque parfaite, parce qu'il sera fort peu probable que la détérioration d'une lampe coïncide avec un dérangement accidentel et momentané de l'aérage.

Lorsqu'il arrivera des explosions dans les mines, l'ingénieur chargé de dresser le procès-verbal de l'accident devra principalement s'attacher à décou-

Digitized by Google

vrir la cause qui a rendu l'air explosif; s'assurer si elle est accidentelle, imprévue, ou si elle réside dans l'insuffisance habituelle de l'aérage, et des dispositions qui s'y rapportent. Dans ce dernier cas, je n'hésite pas à dire que les exploitants ou les directeurs d'exploitation seraient gravement coupables, quand bien même tous les ouvriers auraient été pourvus de lampes de sûreté.

L'état des appareils d'éclairage avant l'explosion, la recherche de la cause directe de l'inflammation, viennent en seconde ligne. Il a pu arriver quelquefois que ce deuxième point de vue, qui n'est que secondaire, ait fait perdre de vue le premier. Dans ce cas, le procès-verbal d'un accident ne fournirait aucune lumière sur les moyens à prendre pour en prévenir le retour.

P. S. Je viens d'avoir connaissance d'un rapport adressé par M. l'ingénieur en chef Lorieux, à M. le sous-secrétaire d'état des travaux publics, qui lui avait adressé six lampes Dumesnil, pour en faire l'essai dans les mines de houille du département du Nord. Des expériences préalables faites dans le laboratoire de la ville de Valenciennes, par M. Lorieux et M. Evrard, professeur de physique, ont constaté, comme à Saint-Étienne et à Liége, que la lampe était *de sûreté* dans toutes les circonstances, dans un mélange, en proportions quelconques, d'air atmosphérique et de gaz de l'éclairage. De l'eau projetée avec une pipette, sur le cylindre de cristal, tandis que l'intérieur était plein de gaz enflammé, n'a point déterminé la rupture. Dans un seul cas, lorsque la flamme était accidentellement dirigée sur un point de la paroi intérieure, la projection d'eau

Digitized by Google

froide sur le point correspondant de la paroi extérieure a déterminé une petite fissure, dans le cristal, qui n'a point éclaté, bien que l'on ait continué, pendant quelques instants, à diriger la flamme sur la partie fendue.

La lampe a ensuite été essayée dans la fosse de la Réussite, à Saint-Waast, par M. Lorieux et MM. Dumont et Quinet, directeurs des houillères d'Anzin. Leur rapport constate : 1° que les dimensions de cette lampe sont gênantes; qu'il est difficile de traverser, en la portant, les ouvertures ménagées dans les planchers, qui divisent en plusieurs étages les puits ou goyaux de descente;

2° Que sa hauteur totale, qui est de $0^m,60$, y compris le crochet de suspension, ne permet pas de s'en servir dans les couches minces, dont la hauteur est quelquefois moindre;

3° Qu'on ne pourrait pas la mettre entre les mains des *hercheurs* (traîneurs, ou rouleurs), parce qu'en l'attachant à leur chariot, il arriverait souvent qu'elle serait écrasée contre les parois de la galerie;

4° Que la lampe s'est éteinte plusieurs fois, dans le parcours des galeries, bien qu'on la portât avec précaution, parce l'huile arrivait du réservoir en trop grande abondance et submergeait la mèche;

5° La lampe portée dans un mélange explosif a fumé, le cristal s'est noirci, et la lampe a donné alors beaucoup moins de lumière que les petites lampes de Davy;

6° Les tuyaux adducteurs de l'air sont mal placés, et seraient bouchés, quand on viendrait à poser la lampe par terre, ce qui arrive souvent;

7° Les moyens de fermeture adoptés sont in-

Digitized by Google

suffisants, pour empêcher l'ouvrier d'ouvrir sa lampe.

Les conclusions du rapport sont en conséquence défavorables à la nouvelle lampe.

Les objections tirées des dimensions de la lampe, qui rendent son transport difficile dans le parcours des échelles, et son emploi impossible dans les couches minces, sont fondées pour les mines d'Anzin, mais ne s'appliquent pas aux mines en couches épaisses du centre et du midi de la France. Le crochet de suspension peut d'ailleurs être changé; la cheminée même peut être raccourcie, ainsi que le démontrent les expériences de la commission de Liége. La disposition des tuyaux adducteurs de l'air peut être facilement modifiée. Il suffit de les couder, en dessous de la plate-forme inférieure de la lampe, ainsi que l'a déjà indiqué cette commission dans son premier rapport (p. 437 du Recueil des mémoires publiés par l'académie de Bruxelles). Le mode de fermeture peut aussi être rendu plus sûr.

Les seuls inconvénients vraiment graves et généraux, signalés par MM. Lorieux, Dumont et Quinet, sont la submersion de la mèche par l'affluence trop rapide de l'huile, et le fait que la fumée de la lampe, placée dans un mélange explosif, a noirci le cristal.

M. Lorieux a dit qu'on pourrait prévenir l'extinction de la lampe, dans un transport rapide, en modifiant, rétrécissant probablement le conduit qui amène l'huile à la mèche. Je partage cette opinion. Je crois aussi que la fumée qui a obscurci le cristal, lorsque la lampe a été mise dans un mélange explosif, est due à ce que la toile métallique qui recouvre les tuyaux adducteurs de l'air

Digitized by Google

était mouillée d'huile, qui a retenu des poussières fines répandues dans l'air de la mine; cela me paraît d'autant plus vraisemblable que rien de pareil n'a été observé ou signalé dans les expériences faites à Saint-Étienne et à Liége.

Je n'estime donc pas que les essais faits à Anzin soient de nature à prouver que la lampe de M. Dumesnil est mauvaise au fond; je persiste à croire qu'elle aura des avantages marqués sur la lampe ordinaire de Davy, sous le rapport de la sûreté et de la quantité de lumière qu'elle fournit; mais il est indispensable pour cela que tous les détails de construction soient encore soigneusement étudiés, soit par l'auteur de l'invention, soit par un fabricant de lampes établi dans le voisinage d'un grand bassin houiller, pour qu'il sache bien apprécier les conditions particulières auxquelles l'appareil doit satisfaire.

Digitized by Google

APERÇU

Sur les mines de fer de Caradogh, près de Tabreez en Perse, et sur la méthode qu'on y emploie pour extraire directement du minerai du fer malléable.

Par JAMES ROBERTSON, Ingénieur civil des mines, etc.

(Traduit de l'anglais par M. DEBETTE, Élève-Ingénieur des mines.)

Les Grecs s'attribuent la découverte de l'art de travailler le fer; mais il paraît qu'il était connu en Perse au moins aussi anciennement qu'en Grèce. Le procédé d'extraction directe du fer malléable du minerai n'est pas tout à fait inconnu actuellement; mais il n'est plus du tout employé en Angleterre et en Europe. Cependant, il est hors de doute qu'en Angleterre, à Castlecough, dans le Glamorganshire, et à Furness, près d'Ulverston, dans le Lancashire, et dans quelques autres endroits, le fer malléable a été connu avant la fonte. Il paraît même qu'au dix-septième siècle on retirait directement le fer malléable du minerai, de préférence aux procédés actuellement employés. Voici la note que donne M. Sturdy (*Philosophical transactions for* 1693, vol. XVII, p. 695), de la méthode alors employée à la forge de Miltharpe, dans le Lancashire.—La forge ressemble à celle d'un forgeron, le foyer est de fonte, on y fait un feu de charbon de bois, puis on y charge le minerai, brisé d'avance en fragments de la grosseur d'un œuf de pigeon; celui-ci est fondu par le vent, et le fer se rassemble et forme une loupe qui n'est

Digitized by Google

jamais en fusion complète; on la retire et on la bat sous de grands marteaux mus par l'eau; et, après quelques chauffes dans le même fourneau, on la débite en barres. A chaque opération, on charge 300 quintaux de minerai ($152^{q.m.}$,241); on retire 100 quintaux environ de fer ($50^{q.m.}$,747), et on n'ajoute ni du calcaire, ni aucun autre fondant.

Farey (*On the steam engine*, p. 271) met en doute si, par ce procédé, le fer provient réellement du minerai ou bien de la fonte qui forme le foyer. Mais l'existence d'un procédé semblable, employé actuellement en Perse, et qui l'y est depuis une époque très-reculée, montre la possibilité d'extraire directement le fer des riches minerais d'hématite et de fer oxydé rouge fibreux du Lancashire.

Il n'y a aucune donnée historique sur l'époque à laquelle les mines de fer de Caradogh furent primitivement exploitées; mais tout porte à croire qu'elles le furent dès la plus haute antiquité. Le district qui les renferme est très-retiré et a un aspect sauvage et repoussant; il fit d'abord partie de la Médie, puis de la Perse, et a toujours été exempt des révolutions qui ont si souvent bouleversé l'Asie. Les mines de fer elles-mêmes portent des marques évidentes de leur ancienneté; elles forment de larges excavations carrées, entourées d'immenses monticules de sable ferrugineux et de menu minerai rejeté dans le courant de l'exploitation. D'après une évaluation grossière, basée sur le volume des fouilles, une seule des nombreuses mines du district a fourni jusqu'ici 4.000.000 de pieds cubes ($111.272^{m.c.}$,508), qui donne-

Digitized by Google

raient un poids de 571.428 tonnes. Actuellement on extrait annuellement 2.000 charges de cheval de minerai; et, comme chaque cheval porte 2 quintaux, cela fait 200 tonnes par année, et on peut affirmer que, moyennement, ce rendement n'a jamais été dépassé depuis l'ouverture de ces mines. Il s'ensuit donc qu'il y a au moins 2.857 ans que cette mine est ouverte, et, si l'on a égard aux mines du voisinage, leur ancienneté se trouve encore reculée.

Les ouvriers du pays sont dispersés dans de petits chalets situés dans les bois qui couvrent les côtés des ravins qui servent de lit aux torrents de la montagne, qui se jettent dans l'Arras (l'ancien Araxe). Le fer qu'ils produisent, quoique doux, est très-fort; il est de beaucoup supérieur au fer russe, qui fournit actuellement la plus grande partie de l'Asie, et est surtout employé à fabriquer des fers à cheval et des clous pour les fixer, qui sont très-recherchés à Tabreez et aux environs, et par les tribus nomades (les Koords) qui fréquentent en été les pâturages de la montagne. Les Arméniens et les Mahométans s'en partagent le commerce. L'extraction du minerai, la fabrication du charbon de bois et le transport de ces objets à la forge occupent une grande partie des indigènes.

Il y a de nombreuses mines à Caradogh, produisant des minerais de fer de très-bonne qualité et de diverses sortes; les plus estimées sont celles de Jewant, de Koordkandy et de Marzooly.

La mine de Jewant est dans une veine immense d'oxyde rouge de fer; ce minerai offre souvent une cassure irisée, comme s'il avait été soumis à une

Digitized by Google

action ignée; il y a beaucoup de sables ferrugineux dispersés dans les fissures de la veine.

La mine de Koordkandy est située sur le sommet d'une montagne très-escarpée, et produit de riche minerai d'oxyde magnétique venant d'une veine puissante.

La mine de Marzooly produit aussi en abondance d'excellent minerai d'oxyde magnétique; la veine qu'on y exploite traverse plusieurs collines, et a, dans beaucoup d'endroits, 100 pieds (30^{m},3) de large.

Dans l'exploitation de ces mines, on extrait seulement la partie la plus riche du minerai; le reste est jeté de côté. Elles sont exploitées très-irrégulièrement et sans ordre, parce que le gouvernement n'impose aucune restriction dans le mode d'exploitation. Quelques individus percent un puits dans les déblais et creusent selon leurs besoins; bientôt après, d'autres arrivent, et, creusant un autre puits, comblent le premier; les déblais ainsi continuellement retournés s'affaissent et s'agglomèrent en masse à mesure que l'on retire le minerai, et présentent ainsi un obstacle sérieux à quiconque essayerait d'exploiter la veine d'une manière régulière. Le minerai est transporté, seulement en été, dans les villages; car, pendant l'hiver, la neige rend impraticables les passages de la montagne. Il est alors vendu aux forgerons, au prix de 1 sh. sterling les 2 quintaux, ou de 10 sh. la tonne (1 fr. 20 c. le quintal métrique).

Les minerais ci-dessus, traités isolément, donnent du *hot-short* (fer cassant à chaud), et que les Persans appellent *salt iron*. En les mélangeant

Digitized by Google

on obtient un fer d'excellente qualité, dit *sweet iron* (fer doux). Ordinairement on mêle 2 parties de minerai de Jewant avec 1 de minerai de Koordkandy, et 2 parties de minerai de Koordkandy avec 1 de minerai de Marzooly.

Le combustible est fourni par une forêt très-étendue, qui occupe le centre du district de Caradogh; elle couvre le fond de la vallée formée par les montagnes, et s'élève sur leurs flancs à une hauteur considérable, en dégénérant en arbres rabougris et en buissons dans les lieux les plus élevés et les plus exposés. Ce sont surtout des essences de chêne que l'on exploite par émondage. Les habitants des villages environnants gagnent leur vie en fournissant du combustible à la ville de Tabreez et aux villes environnantes.

Voici comment on carbonise le bois : on creuse dans le sol une fosse rectangulaire longue d'environ 20 pieds (6^{m},06), large de 6 pieds (1^{m},818), et profonde de 4 pieds (1^{m},212); les parois sont de terre ou de dépôts d'alluvion; il y a à une extrémité une petite rigole inclinée, et à l'autre une cheminée de 6 pieds de haut (1^{m},818); la fosse est remplie jusqu'au niveau de terre avec des branches de toutes dimensions, placées horizontalement et dans le sens de la longueur; puis on la recouvre de terre pour s'opposer à toute entrée de l'air, excepté par une petite ouverture donnant dans la rigole, afin de produire un courant d'air; on met le feu par cette ouverture, et après qu'il a duré deux ou trois jours, on enlève la couverte et l'on retire le charbon. On a ainsi environ une tonne de charbon de bois, qui se vend au prix de 13 shillings sterling ou 15^{l},626 le quintal métrique.

Le charbon obtenu ainsi est rarement employé dans la fabrication du fer; les ouvriers préfèrent celui que l'on prépare ainsi qu'il suit : les branches sont simplement posées horizontalement à la surface du sol, et empilées à une hauteur considérable; on met le feu à la portion inférieure, et on l'éteint en y projetant de l'eau dès qu'il cesse de se dégager de la flamme et de la fumée; on obtient ainsi un charbon très-léger, qui réduit le minerai en beaucoup moins de temps que le charbon obtenu par le premier procédé.

Comme on travaille le fer sur une très-petite échelle, une simple forge suffit; elle se compose seulement d'un foyer creusé en dehors de la hutte, dans l'argile du sol, de 14 pouces en carré (0^m,3535 de côté) au fond, et profond de 9 pouces (0^m,22725), pour recevoir le minerai et le combustible, et d'une autre cavité latérale, plus large et plus profonde de 3 pouces (0^m,07575), destinée à recevoir les scories, et située entre la première et le mur dans lequel est pratiquée la cheminée (voir *fig.* 1 à 6, *Pl. XII*). Sur chacune de ses parois est un mur de 2 ou 3 pieds de haut, et le tout est recouvert de larges pierres, capables de résister à l'action du feu. Le premier foyer où débouche la tuyère, est ouvert par-dessus et sur les côtés; seulement on élève un petit mur près des soufflets pour les préserver de l'action de la chaleur; ensuite on enduit tout le fourneau d'argile et de paille hachée, pour maintenir le tirage de la cheminée. La cheminée est pratiquée dans l'épaisseur du mur de la cabane et rarement s'élève au-dessus de son toit.

On choisit du charbon léger et de peu de volume que l'on sépare au crible de la poussière et

Digitized by Google

du sable et à la main des pierres et des gros fragments de charbon qu'il pourrait accidentellement contenir. Le minerai brut, après avoir été trié, mêlé et brisé en fragments de la grosseur d'une noisette, est ensuite entièrement humecté d'eau. On sépare alors le foyer où se produit le fer de la cavité où se rendent les scories, par une paroi formée de charbon et de poussière de charbon bien damés, et le sommet de cette paroi est recouvert de scories venant d'une opération précédente. On introduit alors par une petite ouverture pratiquée dans le mur latéral du premier foyer la tuyère, qui est d'argile blanche et qui peut supporter longtemps sans se fondre une violente chaleur. Son extrémité s'avance jusqu'au milieu du foyer et à 6 pouces (0^m,1515) du fond (*fig.* 6, *Pl. XII*). On place alors sur le fond du creuset une couche de charbon de trois pouces d'épaisseur et au-dessus deux autres couches de même épaisseur, l'une sous la tuyère et ayant six pouces de large (0^m,1515), l'autre attenant à la paroi de séparation. Les deux vides ainsi formés sont remplis de minerai humecté et bien damé. On place alors sur la première couche et sous la tuyère une seconde couche de charbon en ignition, puis on charge le combustible et le minerai en couches correspondantes à celles du fond; quand le fourneau est presque entièrement rempli, on recouvre le tout de charbon jusqu'au niveau de la paroi de séparation. On commence alors à donner le vent, et un ouvrier qui se tient à côté du foyer pousse constamment avec un ringard (*fig.* 8) le charbon au milieu, et de temps en temps en charge de petites quantités à mesure qu'il s'affaisse. Au commencement de l'opération

Digitized by Google

un homme suffit pour faire mouvoir les soufflets, mais vers la fin il en faut deux placés l'un derrière l'autre. Les soufflets (*fig.* 9) sont d'un emploi général en Perse. Après 1 heure à 1 heure 1/2 une partie de la tuyère ayant été fondue par la violence du feu, on arrête le vent pour la pousser plus avant vers le centre du creuset. On continue alors de nouveau le vent, et 3 à 3 heures 1/2 après le commencement de l'opération, le minerai s'agglomère sans être fondu. On arrête alors le vent, et un ouvrier avec un ringard (*fig.* 10) saisit et fait avancer le lopin voisin du creuset aux scories vers le sommet de la paroi de séparation, tandis qu'un autre ouvrier ramène le second lopin au centre du foyer.

On recommence à donner le vent, et le métal du lopin qui est au centre du foyer gagne rapidement le fond. On ramène alors au centre du foyer le premier lopin qu'on traite comme le précédent; il n'y a pendant cette opération que très-peu de charbon dans le foyer. Quand le métal est entièrement disparu, en creusant au centre du foyer, on remue toute la masse à demi fluide pendant un quart d'heure au plus avec un ringard (*fig.* 10). On arrête alors le vent, puis on retire la tuyère, et un ouvrier prenant une pelle (*fig.* 13) pousse le charbon enflammé et la paroi de séparation dans le creuset le plus bas; les scories s'écoulent immédiatement et laissent à découvert la loupe au fond du foyer de réduction; l'ouvrier l'aplatit alors avec le dos de sa pelle, et après l'avoir adroitement détachée des bords et fait sortir du fond du foyer avec un ringard (*fig.* 11), il la transporte sur le sol de la hutte au moyen de grandes tenailles

Digitized by Google

(*fig.* 12). On l'y frappe alors avec de grands marteaux pour chasser les scories et les autres impuretés que le fer renferme dans ses pores. Après l'avoir ainsi façonné en une masse grossière, on le porte sur l'enclume où on le forge de nouveau d'une manière plus régulière. Il est ensuite coupé en deux morceaux avec de larges marteaux (*fig.* 14), et est alors propre à être étiré en barres de dimensions voulues.

Dans une seule opération on obtient dans un fourneau environ 30 lb (13^{k},593) de fer malléable du double de minerai et du triple de charbon de bois. Un maître ouvrier avec ses aides peut faire trois ou quatre fontes par jour et produire 1 cwt (50^{k}.,747) de fer malléable.

En Angleterre il faut environ quatre tonnes de minerai cru et huit tonnes de houille pour produire une tonne de fonte; tandis que par le procédé ci-dessus on obtient en Perse la même quantité de fer d'une qualité beaucoup supérieure avec moitié moins de matières premières. Cette grande différence de rendement tient, tant à la richesse supérieure des minerais perses et à l'emploi du charbon du bois, qu'à la simplicité du procédé employé; car le grillage, la fonte, l'affinage, le puddlage, le cinglage, le ballage et l'étirage sont tous effectués pour ainsi dire dans un même foyer et en très-peu d'heures. On pourrait sans aucun doute traiter de même les riches minerais du Cumberland et du Lancashire et plusieurs autres, surtout le *blackband ironstone* d'Écosse, et gagner une grande économie de temps, de travail et d'argent, tout en diminuant la perte des matières premières. On emploie un procédé semblable, peut-être encore

Digitized by Google

plus simple, puisque les fourneaux ont la forme d'une petite coupelle et que le combustible employé est simplement du bois sec, près de la ville de Malatia, sur la frontière de Syrie, au centre de l'Asie mineure.

Digitized by Google

MÉMOIRE

Sur la fabrication en forêt du bois torréfié ;

Par M. SAUVAGE, Ingénieur des mines.

J'ai décrit succinctement dans le tome XVI des Annales des mines, p. 657, une méthode de torréfaction du bois en forêt. Le procédé consiste à brûler sur une grille à part une certaine quantité de combustible destinée à la dessiccation et à la distillation du bois empilé. Le foyer est traversé par un courant d'air lancé à l'aide d'un ventilateur. Le gaz de la combustion, ainsi que l'air chaud en excès, se répandent dans toute la masse, l'échauffent et s'échappent par la surface du tas, ou, au besoin, par des issues latérales que le charbonnier pratique. J'ai annoncé qu'après avoir suivi plusieurs opérations et étudié le procédé Echement, je donnerais une description plus étendue de la méthode. Je puis aujourd'hui remplir cet engagement, et je vais faire connaître le résultat de huit carbonisations que j'ai fait exécuter sous mes yeux. Toutefois je crois utile de faire précéder ces détails de quelques mots sur l'emploi du *charbon roux* dans les Ardennes, et d'indiquer sous quel point de vue l'on doit considérer aujourd'hui ce combustible.

Douze hauts-fourneaux marchent avec le charbon roux préparé dans les caisses qu'enveloppe la flamme du gueulard, et deux autres avec le bois torréfié préparé par la méthode que nous décri-

Digitized by Google

rons tout à l'heure. Dans les premières caisses qui ont été construites, le bois est loin d'être amené à un état uniforme de calcination. Certaines parties de l'enveloppe sont plus échauffées que d'autres; une portion du bois approche d'un état voisin de celui de charbon; une autre, et c'est la plus grande, n'est réellement que du bois sec ou légèrement calciné, coloré par le goudron qui se dégage des parties plus chaudes.

Dans les appareils mieux établis, le produit est plus uniforme; mais, en définitive, le combustible que l'on obtient n'est guère que du bois parfaitement sec, ou, comme je l'ai dit tout à l'heure, légèrement torréfié. A Haraucourt, Vendresse-les-Mazures, Phade, etc., le bois ne perd certainement pas dans les caisses plus de 30 p. 0/0 de son poids. Dans le principe. il est vrai, on poussait, en général, plus loin la calcination; on rejetait l'emploi du bois simplement sec, et l'on regardait comme essentielle une torréfaction avancée. Mais, enfin, peu à peu, à mesure que l'on s'habitua dans les usines aux caisses de torréfaction, on s'occupa moins de la conduite des appareils, la température n'y fut pas maintenue à un degré élévé, et, bref, le bois que l'on emploie aujourd'hui avec succès ne dépasse pas l'état que j'ai appelé A dans mon premier mémoire sur l'emploi du charbon roux (Annales, t. XI, p. 554). A cet état, le bois qui renferme 0,275 d'eau hygrométrique a perdu les 0,35 de son poids. Ainsi, en général, le nom de charbon roux ne convient plus au combustible des hauts-fourneaux munis de caisses de torréfaction. Cela posé, l'on doit se demander si les appareils usités ne sont pas trop compliqués pour le résultat qu'on en obtient, et si, dès qu'on se décide à ame-

Digitized by Google

ner le bois vert à l'usine, il ne serait pas préférable de se contenter d'une dessiccation complète opérée dans un appareil simple, toujours échauffé à l'aide de la flamme du gueulard, et comme il en existe, je crois, dans la Haute-Saône.

Ces réflexions ne sont pas étrangères au sujet qui fait l'objet de ce rapport. En effet, nous verrons tout à l'heure que le produit obtenu jusqu'à ce jour par la méthode Echement n'est guère que du bois sec, tel à peu près que celui que l'on emploie dans la plupart des usines qui marchent au bois torréfié. Je ne prétends pas cependant qu'il n'y ait aucun avantage à faire perdre au bois une plus grande partie de ses principes volatils; je suis convaincu du contraire. J'ai démontré par les expériences faites à Haraucourt, que la consommation rapportée au bois brut restait sensiblement la même, quel que fût d'ailleurs, entre certaines limites assez larges, le degré de torréfaction, et, dès lors, il y aurait un immense avantage à obtenir en forêt le degré le plus avancé. Mais les choses n'en sont point encore là, et je vais indiquer ce que l'on peut faire aujourd'hui.

Je décrirai d'abord la méthode suivie en ce moment, et qui diffère par quelques détails de celle que j'avais fait connaître dans le tome XVI des Annales. J'énumérerai ensuite les diverses expériences que j'ai suivies, et je terminerai par l'examen des produits obtenus et par quelques considérations générales.

I. *Description de la méthode de torréfaction.*

On prépare une aire rectangulaire au milieu de laquelle on creuse, dans le sens de la longueur,

Digitized by Google

un canal *ab* (*fig.* 1 et 3, *Pl. XIII*). La largeur de ce canal au fond et sa profondeur, sont de $0^m,33$ environ. En avant, dans l'espace ABCD, on fouille la place sur une étendue de 10 à 12 mètres carrés, de manière que le fond de la cavité soit à peu près au niveau du fond de la rigole *ab*. On place à l'extrémité *b* une buse pyramidale en fonte présentant un orifice d'environ $0^{mq},02$ ($0^m,20$ sur $0^m,10$), puis en avant de cette buse, et supportés par les parois de la rigole, quelques barreaux de fonte. Ces barreaux sont recouverts par le foyer, tronc de pyramide quadrangulaire en fonte privé d'une de ses faces. Ce foyer s'engage dans la buse. Une plaque en forte tôle ou en fonte *c* ferme l'orifice. Un ventilateur en bois *d* est placé sur le sol en face du foyer, et sa tuyère *e* est disposée de manière qu'une partie du vent pénètre dans le foyer en passant sous la grille, et que l'autre est lancée directement sur le combustible.

Cela fait, on recouvre les pièces de fonte de terre, que l'on dame fortement. Il importe que le bois qui sera placé au-dessus du foyer ne soit pas en contact avec les plaques de fonte qui deviendront rouges.

La buse, le foyer, les barreaux et le ventilateur, avec une ou deux tringles de fer servant de crochets, sont les seuls appareils nécessaires. Le poids total de la fonte n'excède pas 250 k. C'est, à 25 fr. les 100 k., une dépense de. . . . 63 fr.

Le ventilateur coûtera au plus. . 50

Total. 113

De grosses bûches sont disposées sur le bord de la rigole perpendiculairement à celle-ci. Elles sont

Digitized by Google

espacées de 0m,70 en 0m,70 environ. Une seconde rangée est mise sur le même plan en arrière de la première; puis d'autres bûches sont placées en croix sur ce premier chantier. Il y en a quatre rangées de chaque côté de la rigole. Cette disposition est indiquée sur les *fig.* 1 et 2 (*Pl. XIII*). Sur cette base est empilé le bois à dessécher. La meule, comme on voit, se trouve suspendue.

L'arrangement du bois est fort simple. On ménage une voûte au-dessus de la rigole, en empilant de chaque côté sur deux rangées parallèles au canal. Quand on a atteint la hauteur de 0m,80 à 0m,90 au-dessus du chantier, on forme la partie supérieure avec une rangée de bois empilé comme le premier. Dans les deux angles, on pose les bûches dans le sens de leur longueur, c'est-à-dire parallèlement à l'axe de la voûte; puis on achève la meule en lui donnant sa forme au moyen de menu bois placé dans une situation inclinée. Le pied est formé par une rangée *g g* qui s'appuie sur le sol. Le tas est ensuite recouvert comme dans la méthode ordinaire de carbonisation; on ne ménage aucune issue. La couverture faite avec de la terre, des menus débris, des feuilles, de la mousse, etc., doit être établie avec soin et présenter une forte épaisseur. Les deux extrémités de la voûte sont fermées avec deux plaques de tôle, ou, ce qui est préférable, avec du menu bois recouvert comme le reste de la meule.

La disposition que je viens de décrire est celle qui est usitée dans les bois de Chéhéry (arrondissement de Vouziers, Ardennes) et celle que j'ai vu pratiquer. Du reste, on peut varier l'arrangement du bois sans inconvénient; faire, par exemple, les piles longitudinales moins hautes et achever toute

Digitized by Google

la meule avec du bois placé dans le sens de la longueur, en se contentant de former le pied avec une rangée de bois incliné, comme l'indique la *figure 4*, *Pl. XIII*.

Le bois doit occuper telle ou telle place suivant sa grosseur, et cela est fort important. Ainsi les piles A, A', à l'exception de leur base sur une hauteur d'environ 0^{m},30, sont du plus gros bois dont on dispose; les piles B, B' sont en menu bois. La pile C renferme à la base du gros bois; D et D' sont en bois mêlé. Le reste est en menu. Ce triage est du reste extrêmement facile et ne donne lieu à aucune main-d'œuvre supplémentaire.

Nous avons essayé à l'usine de Chéhéry une disposition un peu différente. La meule a été suspendue sur un châssis formé par des barres de fer, comme il est représenté sur la *figure* 5, et la voûte supprimée. Cet arrangement permettait de loger dans le même volume une plus grande quantité de bois. L'opération a bien réussi; seulement, vers la fin, la chaleur étant devenue plus forte, les barres de fer se sont courbées, elles ont rougi et mis le feu au bois vers le point *m*. Cet accident n'a pas eu de suites graves, on s'en est aperçu à temps, et l'on a arraché les bûches enflammées. Un hectolitre ou deux de charbon ont été produits. Ces incendies se développent quelquefois dans les meules à voûtes, à la fin de l'opération. Mais on conçoit qu'il est plus facile d'y remédier et d'enlever les bûches en feu dans de telles meules que dans une meule compacte. Du reste, en forêt, on n'a pas de tringles de fer sous la main, et en définitive il vaut mieux s'en tenir à la disposition des *fig.* 1, 2, 3 et 4, *Pl. XIII* (1).

(1) D'après la description succincte que j'ai donnée dans

Digitized by Google

La meule couverte, on commence à souffler. On place du bois sur la grille, on ferme la porte et l'on met en jeu le ventilateur. On souffle avec force pendant 10 à 12 heures, de manière à lancer toute la chaleur vers la partie postérieure du tas. L'arbre des ailes du ventilateur porte un pignon conduit par une roue dentée que la manivelle fait tourner. Pendant cette première période, le nombre de tours des ailes est de 320 par minute, et la quantité d'air lancée par seconde est d'environ 240 litres (1). La vapeur qui s'exhale du tas ne commence à devenir sensible que trois ou quatre heures après la mise à feu. On ne pratique aucune issue ou ventouse dans la couverture, si ce n'est dans le cas où la vapeur ne sortirait pas uniformément de toute la surface. On l'appellerait alors vers la partie malade en pratiquant une petite ouverture avec un ringard. Au bout de 9 à 10 heures cependant, et quand la partie postérieure du tas s'est affaissée d'une manière sensible, on fait à la base, en x et y, deux ouvertures qui accélèrent le tirage et contribuent à achever le desséchement de toute cette partie.

A la manière régulière dont le tas s'affaisse, on voit que l'opération est bien conduite. Après cette première période de dix à douze heures, on ferme les issues x et y. On souffle moins fort. Le venti-

---

les Annales, le canal *ab* était recouvert par des plaques de fonte que l'on soulevait à volonté. Ces plaques ont été supprimées.

(1) Calculé par la formule approchée $Q = 348\, d^2 \sqrt{H}$. La pression H a été observée au moyen d'un manomètre à eau. On a trouvé dans chacune des trois périodes, et transformant en hauteur de mercure $H = 0{,}0008$, $0{,}0005$, $0{,}0003$.

lateur ne fait plus que 240 tours par minute, il lance 200 litres d'air par seconde. Cette période dure de 6 à 8 heures. Vers la fin, on offre encore à la vapeur quelques issues latérales x', y' que l'on bouche dès que l'on arrive à la partie antérieure. La dernière période dure de 8 à 10 heures; le ventilateur ne fait plus que 150 tours, il donne 150 litres d'air par seconde. De même que pour les autres parties de la meule, on pratique, vers la fin de l'opération, deux ouvertures, et même un plus grand nombre, si cela était jugé nécessaire. D'un autre côté si, pendant la durée du travail, la fumée paraissait trop épaisse, trop abondante en quelque point, on rechargerait la couverture; le charbonnier, montant sur le tas, la comprimerait en frappant avec une planche. L'opération est terminée quand la partie d'avant s'est abaissée au niveau de la partie d'arrière. L'abaissement moyen est de $0^m,10$ à $0^m,15$. Le dégagement de la vapeur est devenu presque insensible; la fumée est piquante, et si la couverture renferme quelque matière calcaire, on aperçoit des efflorescences salines, blanches: c'est de l'acétate de chaux. A ces signes, le charbonnier reconnaît que la dessiccation est assez avancée.

La conduite de cette torréfaction est, comme on voit, d'une grande simplicité. Des charbonniers plus exercés peuvent, à la vérité, pratiquer un plus grand nombre de ventouses et appeler plus rapidement la flamme et les gaz chauds. Le bois y gagne en torréfaction, et l'opération marche plus vite; mais aussi l'incendie est plus à craindre. Quoi qu'il en soit, cette méthode est encore neuve; il y a sans doute beaucoup à faire, beaucoup à acquérir.

Digitized by Google

Quatre hommes dans une coupe, un maître charbonnier et trois aides, suffisent aux soins à donner à trois meules. On met l'une d'elles à feu, et pendant la nuit l'homme du ventilateur est changé de deux en deux heures; on en découvre et l'on en démolit une autre; on en dresse une troisième. On peut découvrir au bout de douze heures, et cinq à six heures suffisent au dressage. Une nouvelle meule peut être mise à feu chaque jour, et deux ventilateurs avec deux foyers et deux buses sont les seuls appareils nécessaires. On paye les charbonniers à forfait, et jusqu'à présent, dans les bois de Chéhéry, le prix établi est 0 fr. 50 c. par stère de bois torréfié (1).

Le bois que l'on obtient est à peu près le même d'un bout de la meule à l'autre. Le produit est assez uniforme, à l'exception toutefois de la rangée de menu bois qui forme le contour inférieur, et qui touche à terre. L'extrémité de ces bûches est, en général, encore humide. Peut-être conviendra-t-il d'employer ce bois sur la grille dans l'opération suivante.

Avant de passer à l'énumération des expériences que j'ai faites, il ne me reste plus qu'à décrire les petits appareils qui entrent dans l'arrangement des

---

(1) Ce mode de payement est vicieux. Le charbonnier a intérêt à torréfier le moins possible. Il serait facile, dans le principe, d'établir le poids moyen que doit avoir un stère de bois torréfié et d'accorder des primes à ceux qui, sans faire sur la grille une plus grande consommation, obtiendraient un poids moindre. On perfectionnerait ainsi la méthode. Tout cela, sans contredit, exigerait d'abord une grande surveillance, de grands soins; mais sans ces conditions on ne peut introduire aucune chose nouvelle dans les usines.

Digitized by Google

meules. Les *fig.* 6, 7, 8 et 9 (*Pl. XIII*) les représentent. La buse ABCD a la forme d'un tronc de pyramide quadrangulaire. La face AB est mobile ; on peut aisément la faire glisser, et augmenter ou diminuer l'ouverture de sortie. La section de cette ouverture, quand la plaque affleure, est de $0^m,17$ sur $0^m,12$. Le foyer est formé de trois faces coulées d'une seule pièce. Sa section à l'extrémité E est celle de la buse. En tête, sa largeur $= 0^m,32$, sa hauteur $= 0^m,28$, et sa longueur $= 1^m,40$. On pose cette pièce sur les barreaux *b*, *b*, *b*. Les buses et foyers *fig.* 1 et 3 diffèrent un peu de ceux dont nous donnons ici le détail. Les appareils que nous venons de décrire sont ceux que nous avons employés à l'usine de Chéhéry. Du reste, ces dimensions sont loin d'être absolues ; il y en a peut-être de meilleures à adopter. Dans tous les cas, il convient de faire couler les pièces de fonte avec des cordons ou renflements, afin qu'elles se déforment moins facilement à une température élevée.

Je ne donne point le dessin du ventilateur, qui n'offre rien de particulier. Son diamètre intérieur $= 0^m,88$; sa largeur $= 0^m,20$. Le pignon enarbré sur l'arbre des ailes porte 12 dents ; la roue dentée qui le conduit en a 80.

II. *Énumération des expériences de torréfaction.*

J'ai fait exécuter sous mes yeux huit torréfactions, quatre à l'usine même de Chéhéry et quatre dans la forêt, sur des bois de 14 à 18 mois de coupe, et sur des bois verts coupés en février dernier. Tous les bois ont été mesurés et pesés avec soin, ainsi que le produit obtenu. J'ai été aidé,

Digitized by Google

dans ces détails longs et minutieux, par MM. Robert, maître de forges à Nantes; Davis, ingénieur aux forges de Moisdon (Loire-Inférieure); Müller, maître de forges à Senuc; Auguste Benoît, directeur des établissements du duc d'Arenberg, à Namur; et Fournel fils, employé à l'usine de Montblainville. Ces messieurs ont concouru, avec le plus grand empressement, à la surveillance des opérations. Je leur exprime ici ma reconnaissance.

EXPÉRIENCES A L'USINE DE CHÉRÉRY.

Première expérience faite sur du bois sec (de 14 mois).

Les bois étaient composés de cinq essences : charme, chêne, hêtre, bouleau et tremble. Les essences tendres entraient dans le tout pour un cinquième environ. La meule fut construite avec :

	kil.			st.
	3393,25 de gros bois (1) occupant le volume de			9,83
	3436,50 de menu bois	—	—	12,85
Total.	6829,75 bois divers	—	—	21,85

Le poids du stère de gros bois a varié de 320 à 396 kilogr.

Celui du stère de menu bois, de 270 à 300 kilogrammes.

En moyenne, le poids du stère = 313 kilogr. (résultat de 700 pesées).

On choisit pour le foyer le plus mauvais bois, du bois blanc, en grosses bûches cependant. On consomma :

En poids. . .	722k.	le stère pesait. 355k.
En volume. .	2st.,03	

(1) De 0m,10 à 0m,15 de diamètre.

La meule fut construite, comme la figure 5 l'indique, avec des tringles de fer et sans voûte. On souffla pendant 24 heures. La température en divers points, et à $0^m,20$ ou $0^m,25$ au-dessous de la couverture, fut mesurée à l'aide du thermomètre. Elle s'élevait à 82° huit heures après le commencement du travail. Plus tard, elle monta à 90°.

Quelque temps après la fin du soufflage, on s'aperçut qu'une épaisse fumée se dégageait d'une partie de la meule et que le feu était à l'intérieur. On fit une ouverture, on retira les tisons enflammés. Le feu cessa de se propager. Cet accident n'eut point de conséquences graves.

Après 12 heures, on pesa le bois desséché, et on le corda de nouveau. On obtint :

Bois torréfié $4967^{k.}$ occupant un volume de $17^{st.},50$
et en outre $80^{k.}$ de charbon noir et de charbon roux à un degré très-avancé, provenant de la combustion qui avait eu lieu.

A l'exception de la rangée qui forme le pied de la meule, tout le bois était amené à un état uniforme. Il se sciait facilement; sa couleur intérieure était légèrement jaunâtre; quelques échantillons de bois tendres avaient une teinte brune prononcée. Le bois, en un mot, paraissait avoir perdu toute son eau hygrométrique et même 3 à 4 p.o/o de matières volatiles combustibles. La diminution en volume est d'ailleurs sujette à beaucoup d'erreurs qui proviennent d'un empilage plus ou moins soigné. La longueur des bûches était réduite de $0^m,02$ à $0^m,03$ (la longueur du bois brut peut être évaluée à $0^m,80$).

Nous pouvons admettre, sans grande erreur, que les 80 kil. de charbon noir et de charbon roux

Digitized by Google

proviennent de 150 kil. de bois brut, et alors les 4.967 kil. de bois torréfié proviendraient de 6.679^{k},75 de bois.

1 de bois a donc produit 0,75 de bois torréfié : la perte en poids = 0,25.

722 kil. ont été brûlés, d'où :

Consommation pour 1 de bois = 0,105.

J'ai dit que la rangée extérieure du pied de la meule avait subi peu d'altération. Pour pouvoir mieux apprécier le résultat chimique de l'opération, supposons qu'elle n'ait point changé de nature. La quantité peut en être évaluée à 2st,50 pesant (c'est du bois menu) 675 kil.

A ce compte :

6.679 — 675 = 6.004 kil. de bois auraient produit 4.967 — 675 = 4.292 kil. de bois torréfié ; et il en résulterait que le bois à torréfier, abstraction faite de celui du pied, aurait perdu les 0,29 de son poids.

La perte en volume a été de 0,20.

Deuxième expérience (mêmes bois).

La meule renfermait :

1.194$^{k.}$	de gros bois, dont le stère pesait.	380$^{k.}$
4.531$^{k.}$	de bois mélangé, principalement du menu, et dont le stère pesait de.	300 à 310$^{k.}$
3.129$^{k.}$	de menu bois, dont le stère pesait de.	280 à 300$^{k.}$
Total. 8.854$^{k.}$	Poids moyen du stère,	312$^{k.}$

(Résultat de 900 pesées).

Le volume total était 28st,43.

De même que dans la première expérience, le

foyer fut alimenté avec du bois blanc. On consomma :

En poids. . .	817k.	Le stère pesait.	333k.
En volume. .	2st.,45		

La construction de la meule fut celle que représente la figure 4. On souffla pendant 24 heures. Ensuite, au bout de 12 heures, on découvrit et l'on eut :

Bois torréfié, 7.037 kil. sous le volume de 25 stères.

Le bois du contour inférieur était encore humide. Le reste était à peu près homogène. Il n'était que sec. La couleur intérieure était celle du bois.

Il résulte de ce qui précède que :

1 de bois a produit 0,79 de bois torréfié : la perte en poids = 0,21 ;

Et que la consommation dans le foyer = les 0,092 du bois à dessécher.

En admettant que le bois du pied n'ait rien perdu de son poids, on arriverait, comme tout à l'heure, à cette conclusion, que la masse principale a perdu 0,24 à 0,25.

La perte en volume égalait les 0,13 du volume primitif.

Troisième expérience (mêmes bois).

La meule se composa de :

8.854 kil. de bois de diverses grosseurs sous le volume de 27st,98. Le poids moyen du stère = 316 kilogr.

On adopta l'arrangement de la meule précédente, fig. 4.

On brûla dans le foyer 736 kilogr. de bois mélangé.

Digitized by Google

C'était en volume 2[st],85. On souffla pendant 26 heures. Le feu se déclara comme dans la première expérience. On retira aisément les tisons enflammés. Douze heures après, l'on découvrit : on rassembla la petite quantité de charbon produite, et l'on eut :

Bois torréfié.	6.400[k.]
Charbon et charbon roux très-avancé.	110

Le bois torréfié était parvenu à un état très-homogène. Il se laissait scier très-facilement. La teinte de sa tranche était en général d'un jaune assez prononcé.

Les 110 kil. de charbon pouvaient provenir de 220 kil. de bois brut, et l'on avait 6.400 kil. de bois torréfié pour le produit de 8.634 kil., d'où l'on déduit :

1 de bois brut a donné 0,74 de bois torréfié ; la perte en poids = 0,26.

La consommation en bois mêlé = 0,084.

Il entrait à peu près 700 kil. de bois dans la circonférence inférieure de la meule. Ce bois n'avait pas changé de nature, et si l'on en fait abstraction, on trouvera que le bois brut de la masse principale avait perdu les 0,28 de son poids.

Quatrième expérience faite sur du bois vert de quatre mois de coupe.

La meule fut dressée avec du bois vert, à l'exception de la rangée inférieure qui formait l'enveloppe, la quantité de bois vert amenée à l'usine de Chéhéry n'étant pas suffisante. Elle renfermait :

Digitized by Google

k.		st.		k.
1.383	de bois vert, très-menu, avec beaucoup de nœuds, occupant un volume de.	4,68	le stère pesait	295
966	*id.* *id.*	3,44		280
1.200	de bois vert, menu, mais droit occupant un volume de. . .	3,69		325
1.100	de bois vert, mêlé, occupant un volume de.	3,16		348
2.142	de gros bois vert, occupant un volume de.	5,07		400
800	bois sec, occupant un volume de.	2,80		286
7.591k.	bois divers sous le volume de	22,84		

332 kil. est le poids moyen du stère.

On consomma sur la grille du très-mauvais bois blanc :

En poids. . . . 838k.
Et en volume. . 2st.,50

La disposition fut celle de la fig. 4. On souffla pendant 28 heures, et l'on eut :

Bois vert torréfié. 5.118k.
Bois sec torréfié. . 700

Total. . 5.818, qui occupaient le volume de 20m.c.

Le bois vert était uniformément desséché; il était sonore, très-fendillé, mais en général peu coloré.

1 de bois vert a produit 0,76 bois sec. La perte en poids = 0,24.

1 de bois vert sec a donné 0,87. Perte en poids, 0,13.

La consommation s'est élevée aux 0,11 de la masse à dessécher.

Digitized by Google

EXPÉRIENCES FAITES DANS LES BOIS DE CHÉNÉRY.

Les meules, dans la forêt, ont été construites comme il est indiqué sur les figures 1, 2 et 3. Tous les bois étaient des bois verts de quatre mois de coupe.

Cinquième expérience.

On a livré aux charbonniers :

VOLUME.	ESSENCES.	RENSEIGNEMENTS sur la grosseur.	POIDS.	POIDS du stère.
st.			kil.	kil.
4,60	Chêne, charme, hêtre.	$\frac{2}{3}$ gros bois, $\frac{1}{3}$ petit.	1.593	346
4,33	Hêtre av. un peu de bouleau.	$\frac{1}{3}$ gros, $\frac{2}{3}$ petit.	1.681	388
3,18	$\frac{2}{3}$ bouleau, $\frac{1}{3}$ hêtre.	$\frac{2}{3}$ gros, $\frac{1}{3}$ petit.	1.210	380
5,63	Chêne.	$\frac{1}{2}$ gros, $\frac{1}{2}$ petit.	1.901	338
2,90	Chêne, charme, tremble.	$\frac{1}{3}$ gros, $\frac{2}{3}$ petit.	1.033	356
1,48	$\frac{2}{3}$ charme, $\frac{1}{3}$ hêtre.	Petit.	469	317
3,07	Chêne et charme.	$\frac{1}{4}$ gros, $\frac{1}{4}$ petit.	1.040	337
1,57	Charme.	Petit.	482	307
Total. 26,76	. . . .	. . . .	9.409	352

Il entrait à peu près dans la composition du tas $\frac{3}{8}$ de chêne, $\frac{2}{8}$ de charme, $\frac{2}{8}$ de hêtre et $\frac{1}{8}$ de bouleau et tremble.

On a brûlé :

625^{k} de rondins de bouleau cubant 1st,71.

Digitized by Google

On a soufflé pendant 31 heures.

Le bois qui recouvrait la meule n'était pas complétement sec; sa surface était noire. La masse principale paraissait mieux desséchée; cependant la couleur intérieure était encore celle du bois.

On obtint :

Bois desséché 7.822k sous le volume de 24m.c,88.

Il en résulte que 1 de bois a donné 0,83 de bois desséché, et que le bois brûlé sur la grille forme les 0,066 du bois brut.

La perte en poids n'étant que de 0,17, cette opération a été mal conduite. Le ventilateur a marché trop lentement; aussi la consommation est-elle plus faible que de coutume.

Sixième expérience.

On a livré :

VOLUME.	ESSENCES.	RENSEIGNEMENTS sur la grosseur.	POIDS.	POIDS du stère.
st. 3,30	Charme et chêne.	$\frac{1}{2}$ gros bois, $\frac{1}{2}$ petit.	kil. 1.301	kil. 394
3,24	Charme, hêtre et bouleau.	$\frac{1}{3}$ gros, $\frac{2}{3}$ petit.	1.098	338
3,23	Saule, tremble et hêtre.	$\frac{1}{2}$ gros, $\frac{1}{2}$ petit.	1.154	357
3,27	Charme.	$\frac{3}{4}$ gros, $\frac{1}{4}$ petit.	1.184	362
2,97	Hêtre.	$\frac{2}{3}$ gros, $\frac{1}{3}$ petit.	1.032	367
2,71	Chêne.	$\frac{1}{3}$ gros, $\frac{2}{3}$ petit.	927	342
3,16	Charme.	$\frac{3}{4}$ gros, $\frac{1}{4}$ petit.	1.055	334
1,95	Hêtre, charme et chêne.	Petit.	640	322
Total. 23,83	. . . .	. . . .	8.379	351

Digitized by Google

Il y avait environ $\frac{5}{10}$ de hêtre, $\frac{2}{10}$ de chêne, $\frac{2}{10}$ de charme et $\frac{1}{10}$ de bois blanc.

On a brûlé 644^{k} de rondins de bouleau, soit 1st,52.

On a soufflé pendant 32 heures.

Comme à l'ordinaire, le bois placé au pied de la meule, à l'extérieur, avait subi peu d'altération. On trouva :

Bois desséché. 6.060^{k}.
et. . . . . . 77 de charbon noir et roux provenant d'un commencement de combustion.

Ces 77^{k} correspondant à peu près à 150^{k} de bois, les 6.060 kil. de bois desséché sont le produit de 8.229 de bois vert, et alors, 1 de bois vert a rendu 0,73 de bois desséché. La perte en poids = 0,27 et l'on a brûlé pour obtenir ce résultat 0.077 de bois vert.

Septième expérience.

Les charbonniers ont reçu :

VOLUME.	ESSENCES.	RENSEIGNEMENTS sur la grosseur.	POIDS.	POIDS du stère.
st.			kil.	kil.
4,42	Charme et chêne.	$\frac{1}{2}$ gros bois, $\frac{1}{2}$ petit.	1.530	346
2,92	Chêne et hêtre.	$\frac{1}{2}$ gros bois, $\frac{1}{2}$ petit.	1.147	393
2,97	Hêtre et bouleau.	$\frac{2}{3}$ gros bois, $\frac{1}{3}$ petit.	1.102	371
4,49	Tremble, hêtre, bouleau.	$\frac{1}{2}$ gros, $\frac{1}{2}$ petit.	1.595	355
1,57	Chêne.	$\frac{1}{3}$ gros, $\frac{2}{3}$ petit.	512	326
1,35	Chêne et hêtre.	*Idem.*	447	331
1,29	Bouleau et chêne.	Petit.	417	323
4,30	Chêne et hêtre.	$\frac{1}{4}$ gros, $\frac{3}{4}$ petit.	1.552	361
2,70	*Idem.*	Petit.	850	315
Total. 26,01	. . . .	. . . .	9.152	352

Digitized by Google

Il y avait dans la meule $\frac{3}{10}$ de chêne, $\frac{3}{10}$ de hêtre, $\frac{2}{10}$ de charme, $\frac{2}{10}$ de tremble et bouleau. On a brûlé 703^k de bois mêlé, en volume 1st,65.

L'opération a duré pendant 30 heures.

A l'exception de la petite quantité de bois placée au pied, toute la masse paraissait être parfaitement desséchée. La couleur intérieure était en général d'un brun pâle dans les bois durs et d'un brun plus foncé dans les bois tendres. On obtint 6.387 kil. de bois torréfié.

1 de bois vert a donc produit 0,69 de bois sec. La perte en poids = 0,31. Abstraction faite du bois placé à la base sous la couverture, la perte en poids était d'au moins 0,33 à 0,34.

On a brûlé sur la grille les 0,08 de la partie soumise à la torréfaction.

Huitième expérience.

Cette huitième meule se composa de :

25st,12 de bois vert des essences précédentes pesant 8.842 kil. Le poids moyen du stère = 352 kil.

J'ai voulu essayer s'il serait possible de mener la torréfaction à bonne fin en brûlant dans le foyer, au lieu de bois ordinaire, des ramilles et menus débris qui, en général, ont dans les forêts très-peu de valeur. L'essai a bien réussi.

On a consommé 260 fagots du poids moyen chacun de 3^k,50, d'où, poids total, 910 kil.

Le foyer en fonte précédemment employé a dû être remplacé par un autre de dimension plus grande, les menus bois occupant un volume considérable.

On a soufflé pendant 32 heures.

On retira 5.870 kil. de bois torréfié et 36 kil. de

Digitized by Google

charbon noir et roux. Le feu avait pris à la meule à la fin de l'opération, on l'avait éteint de suite et sans difficulté. En général, le bois était bien torréfié. Sa couleur intérieure était brune, un peu plus foncée au-dessus de la voûte et dans les deux piles latérales qui formaient cette voûte que dans les autres parties. Le bois qui recouvrait la meule était encore blanc à l'intérieur, mais il paraissait sec.

Il résulte de cette expérience que :

1 de bois brut a produit 0,67 de bois torréfié.

La consommation en menus branchages a été de 0,10.

Le bois en masse a perdu les 0,33 de son poids.

Si l'on faisait abstraction du bois placé à l'extérieur et qui n'avait sans doute pas éprouvé une dessiccation complète, on aurait pour la perte en poids de la masse principale, au moins les 0,37 du poids primitif. C'est le meilleur résultat que nous ayons obtenu.

III. *Examen des produits obtenus. Considérations générales.*

Pouvoir calorifique des bois verts et des bois secs. Le poids moyen du stère de bois sec à l'usine de Chéhéry égale 312 kil. Celui du stère de bois vert égale 352 kil. Si le cordage était fait avec le même soin dans la forêt et à l'usine, le bois vert aurait perdu pendant une année d'exposition à l'air 40 kil. d'eau hygrométrique, soit environ 0,10 de son poids primitif.

L'essai par la litharge vient confirmer ce résultat.

En effet, on a obtenu avec le mélange de plusieurs essences de bois verts un culot de plomb

Digitized by Google

pesant 11, d'où l'on conclut que le bois vert équivaut aux 0.324 de son poids de charbon.

Si l'on admet, dans ce bois, 0,02 de cendres, on aura pour sa composition approchée :

Eau.	0,360
Charbon.	0,324
Hydrogène et oxygène. .	0,296
Cendres.	0,020
	1,000

Le bois d'une année de coupe a donné avec la litharge 1.290 de plomb, ce qui équivaut à 0.378 de charbon. Ce bois est alors à peu près composé de :

Eau.	0,258
Charbon.	0,378
Hydrogène et oxygène. . .	0,349
Cendres.	0,015
	1,000

Ainsi le bois vert renferme les 0,36 de son poids d'eau, et le bois d'une année les 0,26 du sien.

Or, dans les torréfactions du bois sec, les pertes en poids ont été les 0,24, 0,25, 0,26 et même les 0,29 du poids primitif, si l'on fait abstraction du bois qui faisait l'enveloppe inférieure de la meule. L'eau hygrométrique a donc été complétement expulsée, et avec elle, dans la plus grande partie du bois, 0,02 ou 0,03 de matières volatiles combustibles.

Dans les torréfactions de bois vert, les pertes en poids des deux dernières meules ont été 0,31 et 0,33 pour l'ensemble, 0,35 et 0,36 pour la plus grande partie du bois. On a donc presque atteint le point de la dessiccation complète, mais on ne l'a pas dépassé.

Digitized by Google

Essayés avec la litharge, les bois de la quatrième meule (en bois vert) ont donné en moyenne 15 de plomb, ce qui porte leur pouvoir calorifique à 0,44. Aucun des principes combustibles n'ayant été expulsé, on peut admettre pour la composition de ce bois ainsi desséché :

Eau.	0,14
Charbon.	0,44
Oxygène et hydrogène. . .	0,40
Cendres.	0,02
	1,00

Ce qui répondrait à une perte en poids de 0,24. Or c'est précisément celle qu'avait subie cette meule. Le bois obtenu renfermait donc encore 0,14 d'eau. Le produit des septième et huitième meules (en forêt) était bien meilleur. Le pouvoir calorifique moyen du bois obtenu dans ces deux dernières opérations est représenté par 0,47 et 0,49.

Dans la même meule n° 4, j'ai pris une bûche de chêne de 0,20 de diamètre, qui était placée vers le milieu, dans une des piles extérieures, et j'ai essayé le centre de cette bûche par la litharge. J'ai obtenu 14,65 de plomb, ce qui équivaut à 0,43 de charbon. Tout à l'heure, on a vu que 0,44 était le pouvoir calorifique moyen. La chaleur s'était donc répartie très-uniformément.

Plusieurs échantillons avaient été remarqués dans la troisième meule en différents points. Les bois durs avaient perdu 27 et 30 p. o/o de leur poids, ils produisirent 15,05 de plomb, et équivalaient à 0,443 de charbon. Les bois tendres avaient perdu 30 et 35 p. o/o, produisirent 15,75 de plomb, et équivalaient par conséquent à 0,463 de charbon. Les essences tendres se torréfient donc un peu

Digitized by Google

plus rapidement que les essences dures. J'ai observé du reste que leur couleur intérieure était un peu plus foncée que celle des bois durs. On remarque aussi qu'après la dessiccation, les bois verts sont fendillés. La vapeur d'eau qui s'échappe de ces bois à la première impression de la chaleur écarte les fibres et les disjoint.

De l'examen qui précède, il résulte que les pouvoirs calorifiques des bois préparés par la méthode Echement, quand l'opération est bien conduite, sont compris entre 0,43 et 0,49 ; 0,44 étant le terme moyen. Or, à l'état que nous avons appelé A, le pouvoir calorifique égale 0,48. Il faudrait qu'on n'obtînt jamais un résultat inférieur à celui des deux dernières meules. Tous les efforts de M. Echement tendent à produire une température plus élevée dans la masse du bois soumis à la dessiccation. On doit parvenir à chasser du bois vert au moins les 40 centièmes de son poids.

Voyons maintenant par approximation quelle est la quantité théorique de bois qu'il serait nécessaire de consommer pour expulser toute l'eau hygrométrique. Admettons que le bois renferme 0,30 d'humidité, et que tous les gaz et vapeurs s'échappent de la meule à la température de 100°. Soit 10° la température de l'air ambiant. Pour mettre en liberté 0,70 de bois sec, il faut réduire en vapeur 0,30 d'eau, et élever à 100° les 0,70 de bois.

En supposant que notre bord développe 2.600 unités de chaleur, la quantité de bois qui réduira 0,30 d'eau en vapeur sera

$$\frac{0,30 \times 650}{2600} = 0,075.$$

On peut, d'après M. Despretz, évaluer la capa-

Digitized by Google

cité calorifique du bois à 0,55. Le nombre d'unités de chaleur pour élever à 100° 0,70 de bois égale 0,70 × 90 × 0,55 = 34,65. Elles seront produites par

$$\frac{34,65}{2600} = 0,013 \text{ de bois.}$$

Ainsi la quantité de bois rigoureusement nécessaire pour dégager de 1 kil. de bois les $0^k,30$ d'eau hygrométrique qu'il renferme, est de $0^k,075 + 0^k,013 = 0^k,088$. Mais la quantité d'air lancée par le ventilateur est de beaucoup supérieure à celle qu'exigeraient $0^k,088$ de bois pour leur combustion. D'après ce que nous avons rapporté plus haut, cette quantité d'air s'élèverait en moyenne à 720 mètres cubes par heure. Cette quantité est sans doute très-forte, car le ventilateur ne marche pas avec une parfaite régularité, et l'homme qui tourne a une tendance continuelle à ralentir son mouvement. Réduisons la masse d'air lancée à 600 mètres cubes : ce sera 600 mètres cubes par $0^{st},1$, si l'on prépare 25 à 30 stères en 24 heures. Ce $0^{st},1$ pesant environ 35^k, on trouvera $1^{mc},70$ d'air par $0^k,1$, quantité supposée nécessaire à la préparation de 1^k de bois vert. Or 1^k de bois exige pour sa combustion complète $4^k,75$ d'air atmosphérique, soit $3^{mc},66$. La quantité d'air lancée est donc près de cinq fois plus grande que celle qui est strictement nécessaire à l'alimentation du foyer. Elle s'élève comme le reste à la température de 100°, et pour 1 kil. de bois à préparer, il faut échauffer environ $1^{mc},70$ ou $2^k,20$ d'air atmosphérique. La capacité de l'air pour la chaleur étant 0,26, la quantité de bois à brûler pour son échauffement sera

$$\frac{2,2 \times 90 \times 0,26}{2,600} = 0^k,019.$$

Digitized by Google

En résumé, la quantité théorique de combustible égalerait 0,107. Dans nos deux dernières opérations, la perte s'élevant à 0,31 et 0,33, la quantité de bois consommée n'a point atteint ce chiffre. Une grande partie de l'eau se dégage sans doute à une température inférieure à 100°, enlevée par l'air et les gaz chauds, qui, traversant la la masse, se saturent d'humidité. Peut-être, en profitant de cette propriété, parviendrait-on à pousser plus loin la torréfaction, si l'on augmentait le volume d'air lancé par le ventilateur.

Calculs économiques.

Les calculs économiques sont extrêmement faciles à établir dans chaque localité; mais il faut à l'avance avoir résolu le problème de l'emploi dans le haut-fourneau du bois torréfié. Dans la partie du département des Ardennes où nos essais de carbonisation ont eu lieu, cet emploi ne fait plus l'objet d'aucun doute. Une économie incontestable sur le combustible a été le résultat de la substitution du bois au charbon de forêt. Aujourd'hui la consommation ordinaire pour la production de 1.000 kil. de fonte de forge à l'air chaud est de 12 stères de bois. Dans ces derniers temps, un fourneau de la même localité, marchant fort bien, à l'air chaud aussi, consommait 12 à 1.300 k. de charbon pour la même quantité de fonte. Or, ces 12 à 1.300 kil. représentent en forêt 18 stères de bois. La consommation actuelle n'est donc plus que les deux tiers de l'ancienne.

La fabrication du bois sec en forêt doit se comparer immédiatement à celle du bois torréfié en vases clos sur le gueulard. Dans le tome XI des

Digitized by Google

Annales, p. 546, j'ai donné le type du calcul à faire pour établir la comparaison entre le charbon roux et le charbon de forêt. Je vais présenter le type d'un calcul analogue entre le bois desséché sur le gueulard et le bois desséché dans la forêt.

On considéra du bois vert ayant perdu 0,33 de son poids, et pour lequel $\frac{1}{10}$ a été consommé dans le foyer.

Soit P le prix du stère empilé en forêt;

a le prix de la dessiccation du stère payé au charbonnier;

b celui du transport du stère de bois brut. Le prix du transport dans l'arrondissement de Vouziers pour les deux usines qui emploient le bois desséché en forêt paraît avoir baissé proportionnellement à la diminution du poids. Il n'en sera peut-être pas partout ainsi, car le volume ne diminue pas comme le poids, et la question du volume, en fait de transport, a aussi son importance. Admettons toutefois cette réduction proportionnelle à la perte en poids, alors 0,706 sera le prix du transport du bois sec qui proviendra d'un stère de bois vert;

C les frais de sciage du bois vert;

c les frais de sciage du bois torréfié;

d les frais de torréfaction dans les caisses par stère de bois vert;

e la somme à valoir par stère pour l'intérêt des frais d'établissement de l'appareil, l'amortissement du capital engagé, les réparations.

Digitized by Google

L'économie par stère de bois brut résultant de l'emploi du nouveau mode de dessiccation sera

$$E = (P + b + c + d + e) - \left(P + \frac{P}{10} + a + 0{,}70b + c\right)$$

$$\text{ou } 0{,}30b - \frac{P}{10} + d + e - a.$$

d, *e*, et *a* sont des constantes que l'on déterminera dans chaque cas. Nous avons vu, par exemple, que l'on payait au charbonnier $0^f{,}50$ par stère de bois torréfié. La réduction en volume n'est guère que 0,15 à 0,20; soit un maximum de 0,20; on aura, pour les frais de carbonisation par stère de bois vert, c'est-à-dire pour la valeur de *a*, $0^f{,}40$. Les frais de carbonisation au gueulard s'élèvent à $0^f{,}15$ en général, $0^f{,}20$ au plus. Il faut seize fours pour le roulement régulier d'un haut-fourneau. Le capital d'établissement est de 16.000 fr. Soit 10 p. o/o de cette somme à répartir pour l'intérêt et les dépenses d'entretien sur 12.000 stères, consommation annuelle, on aura, par stère, $e = 0^f{,}13$ soit 0,15. Ainsi $d + e = 0^f{,}20 + 0^f{,}15 = 0^f{,}35$.

L'économie devient alors $E = 0{,}30b - \frac{P}{10} - 0{,}05$.

Nous ne tenons pas compte ici des indemnités aux brevetés, parce que des deux côtés il y a brevet et que les indemnités seront sans doute peu différentes. D'un autre côté, à l'avantage du procédé de dessiccation en forêt, la flamme du gueulard restera disponible et pourra être appliquée à d'autres usages importants. Pour en tenir compte, il faudrait introduire un terme positif dans le second membre de l'équation. Prenons, pour plus

Digitized by Google

de simplicité et comme maximum de l'économie,
$E = 0,30b - \frac{P}{10}$.

Il en résultera que la dessiccation en forêt comme on sait la pratiquer aujourd'hui ne présentera plus aucun avantage sur la calcination dans des caisses bien construites, fonctionnant régulièrement, toutes les fois que, dans le prix du stère de bois vert rendu à l'usine, le transport entrera pour moins d'un quart.

Nous supposons dans cette comparaison que le bois consommé sur la grille a la même valeur que celui que l'on soumet à la torréfaction.

La huitième expérience en forêt a prouvé qu'il pouvait n'en être point ainsi et qu'il était fort possible d'utiliser les menus bois et branchages de peu de valeur. Or, cela est fort important; car sans cette faculté d'employer un combustible à bas prix, la réduction en poids de 30 p. 0/0 ne serait pas suffisante dans un grand nombre de localités de forge où le transport du stère ne dépasse pas 1 fr. à 1 fr. 20 c.

Si, par exemple, le combustible de la grille ne valait que la moitié de l'autre, l'économie deviendrait $0,30b - \frac{1}{20}P$, et elle subsisterait tant que le prix du transport serait plus grand que le sixième du prix du stère sur place; c'est ce qui a lieu dans la plupart des circonstances. Il est d'ailleurs peu de localités où le prix des fagots atteigne la moitié de celui du bois. La tourbe, même la houille de qualité inférieure, pourraient être employées avec succès. C'est une étude facile à faire dans chaque localité spéciale.

Digitized by Google

Résumé.

On peut conclure de tout ce qui précède :

1° Qu'on est parvenu à faire perdre au bois vert en forêt, avec facilité et pour ainsi dire sans frais d'appareils, le tiers de son poids; et au bois d'une année de coupe les 26 centièmes du sien, c'est-à-dire toute son eau hygrométrique;

2° Que pour produire cet effet, on consomme les 8, 9 et 10 centièmes en poids du bois à dessécher;

3° Que le matériel à transporter dans les forêts est extrêmement peu considérable; que sa valeur n'excède pas 2 ou 300 fr.;

4° Que l'opération marche très-rapidement et avec régularité, qu'un seul poste de charbonniers peut préparer en vingt-quatre heures 25 à 30 stères de bois, ce qui est presque la quantité absorbée par le haut-fourneau dans le même temps;

5° Qu'en comparant ce combustible à celui que l'on prépare dans les caisses placées sur le gueulard, l'avantage restera à la dessiccation en forêt quand le prix du stère sur place sera inférieur au triple du prix du transport, dans le cas où l'on brûlera pour la préparation du bois un combustible de même valeur que lui; que cette économie deviendra générale et incontestable dans la plupart des localités, toutes les fois que l'on pourra utiliser un combustible de peu de valeur;

6° Qu'enfin il reste beaucoup à faire pour rendre complète et susceptible d'une grande application la méthode que nous avons décrite, et qu'il importe de parvenir sans plus de dépense en combustible à une dessiccation ou torréfaction plus avancée.

Digitized by Google

NOTICE

Sur le grillage des minerais de fer dans le département de l'Isère;

Par M. Émile GUEYMARD, Ingénieur en chef des mines.

En 1814 les fours à griller avaient la forme d'un fer à cheval. Ils étaient adossés contre la montagne, et présentaient une immense surface et peu de hauteur; de là une grande consommation de combustible pour le grillage des minerais.

On employait les bois en bûches, on mettait le minerai par dessus, puis d'autres lits de bois et de minerai.

J'avais trouvé le département de l'Isère si en retard pour le travail du fer, que j'entrepris une guerre à mort à toutes les formes vicieuses consacrées par les préjugés et l'ignorance. Je fis connaître le vice des fourneaux, et quelque temps après M. de Marcieu fit construire un four de grillage plus élevé, présentant moins de surface sur le sol toujours humide ainsi qu'à l'air ambiant dans sa partie supérieure.

Ce fourneau à griller, d'une construction simple, donna des avantages signalés sur les anciens, cependant il ne fut pas imité par les autres concessionnaires.

Le haut-fourneau de Rioupéroux, dans la vallée

Digitized by Google

de la Romanche, recevait les minerais de Vizille, de Vaulnaveys et d'Articol. La distance étant très-grande, on descendait les minerais sur des traîneaux, et on terminait le transport à dos de mulets ou sur des voitures, suivant les localités; il fallait des entrepôts nombreux à la compagnie et une surveillance active. Malgré cette surveillance, les ouvriers mêlaient de la terre au minerai grillé, et il n'y avait pas possibilité de reconnaître la fraude.

Par des calculs qu'il est inutile de reproduire ici, je prouvai à la compagnie qu'il y aurait avantage à recevoir les minerais crus à Rioupéroux, que les ouvriers ne pourraient plus les mélanger, qu'on supprimerait la surveillance sur les entrepôts, et qu'on pourrait utiliser la brasque des magasins à charbon pour faire le grillage.

Ce projet fut adopté en 1827. On construisit de suite un fourneau, et les avantages furent si grands qu'on en fit trois autres immédiatement après. Ces 4 fours donnent suffisamment de minerai grillé pour le haut-fourneau.

J'adressai, après la réussite, le croquis de ce fourneau à M. Champel, alors propriétaire du haut-fourneau d'Allevard; il le fit exécuter, et aujourd'hui, dans le pays d'Allevard, ce mode est presque employé partout.

Les minerais de l'Isère peuvent se diviser, considérés métallurgiquement, en deux catégories; les rives, les maillats et les rives orgueilleux perdant de 34 à 36 p. o/o quand ils sont purs; les hydrates de peroxyde, ou les trois premières espèces altérées, ne perdant plus que 12 à 14 p. o/o.

Digitized by Google

Il résulte de cette observation que dans une sage administration, et lorsque les distances ou les frais de surveillance ne s'y opposent pas, il faut griller les premiers sur l'exploitation et les seconds sur l'emplacement des hauts-fourneaux.

Par l'ancien mode de grillage, on laissait refroidir le sol et le fourneau quand l'opération était terminée. Les minerais étaient grillés inégalement, et la dépense en bois était proportionnée à la forme bizarre du fourneau.

Les fourneaux que j'ai fait établir à Rioupéroux et ceux qu'on a construits plus tard, ressemblent à des fours à chaux et marchent à opération continue. On charge sur le combustible du minerai tel qu'il sort des galeries. On stratifie ainsi le combustible et le minerai en maintenant le four plein ; on tire par-dessous le minerai au fur et à mesure qu'il est grillé ; là, un ouvrier le casse et le trie pour enlever le quartz. On le porte ensuite sur le regraine (emplacement des minerais grillés), pour le fondre quand on le juge convenable.

Cette opération s'exécute avec du bois en bûches que l'on place horizontalement dans le four en le couvrant avec du minerai ou bien avec de la brasque qui se trouve en si grande quantité dans le fond des magasins de charbons. Cette brasque n'avait pas d'emploi dans les fourneaux, et on la distribuait aux malheureux pour leur chauffage. Aujourd'hui on en retire un parti si avantageux qu'on peut la considérer comme ayant presque la valeur du charbon au gueulard, ainsi qu'on le verra bientôt.

Dans le département de l'Isère, comme par-

Digitized by Google

tout, la plaie métallurgique est la disette des combustibles. En remplaçant les bois de grillage par la brasque qui n'avait pas d'emploi, on charbonne aujourd'hui tous les bois qui étaient destinés pour le grillage, et on augmente ainsi la richesse en charbon pour fondre les minerais.

Dans nos premiers essais à Rioupéroux, il fallait 207 litres de brasque pour griller 580 kil. de minerai :

Où 400 litres grillaient 1.120 kil., aujourd'hui 400 litres grillent 2.048 kil.

Dans le pays d'Allevard, il faut 400 litres de brasque pour griller 1.890 kil.

A Saint-Vincent de Mercuze, 400 litres de brasque grillent 2.191 kil.

On peut compter moyennement que 400 litres de brasque pesant 160 kil. grillent 2.000 kil. de minerai propre à être fondu.

Lorsque le grillage s'opère au bois dans le même fourneau, il faut 1,3 charge de mulet, pour 630 kil. de minerai. 18 charges font 1 toise du pays ou 6 stères; ces 6 stères convertis en charbon de bois donneraient 5 charges de 400 litres l'une.

Le stère de bois vaut rendu 2$^{fr.}$,70; donc il faudra dépenser 1$^{fr.}$,84 de bois pour griller 1.000 kil. de minerai ou 0$^{fr.}$,184 pour 100 kil.

Par l'ancien procédé, que j'avais trouvé établi en 1814, et qui se perdait dans la nuit des temps, il fallait dépenser 0$^{fr.}$,30 de bois pour 100 kil. de minerai.

Ces éléments posés, examinons l'économie qui

Digitized by Google

est résultée de ce changement. Prenons pour exemple la campagne de 1835, produits de 1834 (Isère).

On a fabriqué 23,298 quintaux métriques de fonte à acier.

On a consommé 55.565 quintaux métriques de minerai ;

Et 28.164 quintaux métriques de charbon de bois divers.

Par l'ancien procédé, la dépense en bois pour le grillage de 100 kil. était de $0^{fr.},30$.

Dépense totale pour 55.565 quintaux métriques de minerai, $16.669^{fr.},50$.

Puisque le stère vaut $2^{fr.},70$ il aurait donc fallu pour le grillage 6.174 stères de bois, qui auraient produit 5.145 charges de charbon de bois, pesant 60 kil. l'une ou 308.300 kil. de charbon de bois.

La consommation en charbon pour fondre 55.565 quintaux métriques de minerai a été de 28.164 quintaux métriques au gueulard; le déchet dans les charbonnières est estimé 12 p. 0/0, ce qui représente 3.380 quintaux métriques de brasque.

J'ai déjà indiqué que cette brasque n'avait pas de valeur, et qu'elle était donnée aux malheureux pour leur chauffage.

Ces 3.380 quintaux métriques de brasque représentent 2.112 mesures de 400 litres l'une. Or, puisque la moyenne de minerai grillé par 400 litres est de 20 quintaux métriques de minerai, on a donc grillé 42.240 quintaux métriques avec les

brasques des charbonnières des hauts-fourneaux; il n'est donc resté que 13.323 quintaux métriques de minerai à griller avec le bois, et dont la dépense est réduite aujourd'hui à 0fr.,184 par 100 kil.

13.323 quint. métriques à 0fr.,184. 2.451fr.,43, telle a été la dépense totale des frais de combustible par le nouveau procédé, pour griller tous les minerais de la campagne de 1834.

Nous avons vu que cette dépense, par les anciens fours, aurait été de 16.669fr.,50; donc l'économie est de 14.218fr.,07.

La dépense de 2.451fr.,43 en bois, représente 908 stères de bois.

Par l'ancien procédé il aurait fallu 6.174 stères de bois; aujourd'hui, par les procédés que j'y ai substitués, cette consommation est réduite à 908 stères; différence 5.266 stères de bois produisant 4.388 charges de charbon.

Ainsi donc l'économie en argent pour l'opération du grillage est de 14.218fr.,07, et l'économie du bois résultant de la forme des fourneaux et de l'emploi de la brasque est de 2.633 quintaux métriques de charbon de bois qui tournent au profit de la fabrication des fontes.

Nous sommes arrivés pour l'opération du grillage au terme de la plus grande économie, et je ne pense pas que nous puissions réduire à l'avenir les chiffres que je viens de donner. Ce procédé, que j'avais déjà décrit, en 1831, dans ma statistique de l'Isère, a subi de grandes améliorations qui sont dues à l'expérience et aux études des maîtres de forges.

On pourra toutefois comparer dans les usines

Digitized by Google

la dépense en combustible que l'on fait avec celle que j'ai indiquée plus haut, savoir : qu'avec 80 kilog. de brasque, on grille 1.000 kilog. de minerai, ou bien que la tonne de minerai grillé exige $0^{st.},683$ de bois de sapin. Tels sont les chiffres de consommation dans le département de l'Isère pour les diverses variétés de fers spathiques.

Passons maintenant aux frais de manutention qu'exige la conduite de ces fours. Je prendrai les résultats obtenus à Rioupéroux, qui me sont particulièrement connus.

Tout près du haut-fourneau, on a construit quatre fours à griller, semblables à celui dont le dessin est joint à cette notice (*Pl. XIV*).

La manœuvre de ces fours exige 4 ouvriers pour griller le minerai brut, le casser et le trier après le grillage.

On commence par mettre un lit de bois au fond du fourneau, puis un lit de minerai, et on continue avec le bois ou la brasque, et du minerai pardessus. On met le feu au fourneau, et tous les matins on retire par l'ouverture D de 60 à 75 quintaux métriques de minerai grillé. On charge immédiatement après et par-dessus, de la brasque ou du bois, avec du minerai cru dans les proportions des consommations indiquées ci-dessus, c'est-à-dire de 480 kil. à 600 kil. de brasque ou de $4^{st},098$ à $5^{st},1225$, et la quantité de minerai brut pouvant donner de 60 à 75 quintaux métriques de minerai grillé.

Le minerai est ensuite cassé, à la main, avec un marteau, sur une pierre plate. On enlève le

Digitized by Google

quartz, que l'on jette au rebut. Ce minerai est réduit à la grosseur d'une noix.

Les quatre ouvriers qui sont employés à la conduite des fours sont à prix fait. Ils transportent à la brouette le minerai cru pris sur les emplacements à 50 ou 80 mètres des fours à griller. Ils vont chercher la brasque ou le bois en bûches à une distance de 50 à 100 mètres. Ils conduisent les fours, sortent le minerai, le cassent, le trient, moyennant deux francs par mètre cube pesant en moyenne 1.550 kil.

Les frais de manutention pour le grillage de 1.000 kilogr. de minerai sont donc de. .	1f,29
Si on y ajoute les frais en combustibles bois qui s'élèvent à.	1 ,84
On aura pour la dépense totale. . .	3f,13

Mais si on grille avec de la brasque qui n'a pas de valeur, ces frais se réduiront à ceux de main-d'œuvre. 1f,29

Par l'ancien procédé que j'avais trouvé en activité lorsque je fus chargé du service de l'Isère, on dépensait en bois seulement 3 fr. par tonne de minerai grillé.

Les fours, dans le pays d'Allevard, sont de même forme qu'à Rioupéroux, mais ils sont quelquefois plus ou moins grands, suivant leur position à la montagne, ou vers les hauts-fourneaux. Les frais de toute espèce sont toujours à peu près les mêmes.

J'ai exposé qu'on ne faisait qu'un seul chargement dans les fours par 24 heures. Quand les minerais sont très-fusibles, il faut faire deux char-

Digitized by Google

gements par jour, l'un le matin, et le deuxième douze heures après.

Tous les nouveaux fours à griller ressemblent à un four à chaux (voir *Pl. XIV*). La forme intérieure est un cône renversé, surmonté d'un cylindre; le cône présente une section circulaire à la base de $0^m,62$, et dans la partie supérieure de $2^m,63$; la hauteur est de $3^m,50$.

Le cylindre a $2^m,63$ de diamètre et 1 mètre de hauteur.

Sur le devant, il y a une voûte E pour pouvoir retirer le minerai grillé par l'ouverture D.

L'ouverture CC sert pour le passage de l'air, afin d'activer la combustion, et par suite le grillage. On peut boucher, en partie ou en totalité, ce trou pour ralentir l'opération.

Les avantages du procédé que je viens de décrire peuvent maintenant être appréciés. On a vu que dans le département on trouve dans le fond des halles de la poussière de charbon, pour les 0,70 du minerai nécessaire à la consommation. C'est un avantage immense, puisque cette brasque n'a pas de valeur.

Le volume de 400 litres de charbon tendre, pesant en moyenne 60 kil., vaut 3 fr. 90. 400 litres de brasque proviennent à peu près de 400 litres de charbon. Les 400 litres de brasque ont donc coûté $3^f,90$, et grillent deux tonnes de minerai, qui auraient exigé en bois pour une valeur de $3^f,68$. On voit donc par ce calcul que l'on fait ressortir la brasque de nulle valeur, à peu de chose près, à la valeur du charbon.

Je n'ai vu nulle part l'emploi de ce procédé, et

Digitized by Google

je crois qu'il serait susceptible d'être imité dans tous les hauts-fourneaux marchant au charbon de bois, et fondant des minerais en roche, dont le grillage est nécessaire.

Digitized by Google

RÉSULTATS PRINCIPAUX

Des expériences faites au laboratoire de Marseille pendant l'année 1839;

Par M. DIDAY, Ingénieur des mines.

1° *Houilles et lignites.*

	MENTON. (1)	VOLX. (2)	DAUPHIN. (3)	VOLX. (4)
atières volatiles.	0,299	0,425	0,463	0,458
arbon.	0,492	0,517	0,492	0,392
ndres.	0,209	0,058	0,045	0,150
	1,000	1,000	1,000	1,000
ouvoir calorifique.	0,608	0,799	0,731	0,671
Composition des cendres.				
arbonate et sulfate de chaux.	0,053	0,363	0,200	0,074
xyde de fer.	0,498	0,533	0,222	0,155
able et argile.	0,449	0,104	0,578	0,771
	1,000	1,000	1,000	1,000

	DAUPHIN. (5)	SIGONCE. (6)	MANOSQUE. (7)	VILLEMUS. (8)
atières volatiles.	0,531	0,524	0,505	0,515
harbon.	0,347	0,406	0,312	0,389
endres.	0,122	0,070	0,183	0,096
	1,000	1,000	1,000	1,000
ouvoir calorifique.	0,600	0,617	0,517	0,647
Composition des cendres.				
arbonate et sulfate de chaux.	0,164	0,615	0,082	0,125
xyde de fer.	0,442	0,298	0,503	0,272
able et argile.	0,394	0,087	0,415	0,603
	1,000	1,000	1,000	1,000

Digitized by Google

	PIERREVERT. (9)	LA CADIÈRE. (10)	St-ZACHARIE. (11)	LE BEAUSS (12)
Matières volatiles.	0,458	0,448	0,616	0,394
Charbon.	0,280	0,481	0,324	0,406
Cendres.	0,262	0,071	0,060	0,200
	1,000	1,000	1,000	1,000
Pouvoir calorifique.	0,445	0,613	0,586	0,606
Composition des cendres.				
Carbonate et sulfate de chaux.	0,202	0,211	0,550	0,392
Oxyde de fer.	0,142	0,648	0,284	0,154
Sable et argile.	0,656	0,141	0,166	0,454
	1,000	1,000	1,000	1,000

	MÉTHAMIS. (13)	PIOLENC. (14)	PIOLENC. (15)	MONTDRAGON (16)
Matières volatiles.	0,500	0,511	0,523	0,482
Charbon.	0,409	0,266	0,415	0,368
Cendres.	0,091	0,223	0,062	0,150
	1,000	1,000	1,000	1,000
Pouvoir calorifique.	0,561	0,546	0,569	0,300
Composition des cendres.				
Carbonate et sulfate de chaux.	0,516	0,041	0,193	0,187
Oxyde de fer.	0,362	0,385	0,278	0,353
Sable et argile.	0,122	0,574	0,529	0,460
	1,000	1,000	1,000	1,000

(1) Échantillon de charbon provenant d'affleu-

Digitized by Google

rements reconnus dans les environs de Menton (principauté de Monaco). On n'a pas de renseignements sur la nature du terrain qui le renferme; mais son aspect et la manière dont il se comporte au feu portent à le considérer comme une houille terreuse. Il brûle avec une flamme blanche et une forte odeur sulfureuse, et donne un coke agglutiné, mais non boursouflé. Il contient 0,157 de pyrites.

(2) Lignite de Volx (Basses-Alpes). Il appartient à la variété désignée sous le nom de charbon de forge. Il est léger, brillant, et se brise facilement. Il brûle avec une belle flamme blanche, et en se boursouflant considérablement. Chauffé en vase clos, il éprouve une sorte de fusion, et prend un volume huit ou dix fois plus grand que celui qu'il avait auparavant. Il donne, pour résidu, un coke très-boursouflé, d'un gris métallique fort brillant. Il contient 0,048 de pyrites.

En le distillant dans une cornue, et fractionnant les produits de cette distillation, on trouve que ces produits sont composés de la manière suivante:

Gaz.	0,152
Huiles mêlées d'un peu d'eau.	0,242
Bitume.	0,074
Coke.	0,532
	1,000

Le bitume a été dosé après avoir été chauffé jusqu'à acquérir la consistance qu'il doit avoir pour être propre à la fabrication du mastic asphaltique. La perte qu'il a subie dans cette opération a été ajoutée au chiffre que l'on avait d'abord trouvé pour les matières huileuses.

On a obtenu un bon mastic en mêlant ce bi-

Digitized by Google

tume avec du grès bitumineux de Villemus (dont l'analyse a été donnée, dans le compte rendu de 1838), dans les proportions suivantes :

Bitume. .	0,058
Grès. . .	0,942
	1,000

Avec ces proportions, le mastic, quoique très-compacte, serait peut-être un peu trop sec pour la plupart des usages auxquels on l'emploie.

(3) Lignite de Dauphin (Basses-Alpes). Charbon de forge tout à fait semblable au précédent par ses caractères et ses propriétés. L'échantillon analysé a présenté une particularité remarquable sous le rapport de la teneur en pyrites. Traité par l'eau régale et le nitrate de baryte, il a donné une quantité de sulfate de baryte correspondante à 0,037 de soufre; mais l'oxyde de fer contenu dans les cendres ne correspond qu'à 0,015 de pyrites ou 0,008 de soufre. Comme d'ailleurs il ne contient, avant l'incinération, qu'une trace indosable de sulfate de chaux, il y a lieu de penser que le soufre restant s'y trouve à l'état natif; et cette opinion est rendue encore plus probable par la rapidité avec laquelle ce soufre brûle. Au moment où le lignite s'enflamme, il répand une odeur sulfureuse extrêmement forte, mais qui ne dure qu'un instant. Il n'est pas rare du reste de rencontrer dans le terrain à lignite des Basses-Alpes de petits rognons de soufre natif; on peut donc admettre que cette substance s'y trouve quelquefois aussi disséminée en particules indiscernables.

Ce lignite contiendrait par conséquent 0,015 de pyrites et 0,0029 de soufre.

(4) Lignite de Volx (Basses-Alpes), provenant

Digitized by Google

de la grande couche, dite mine de chaux. Ce charbon ne s'emploie que pour la cuisson de la chaux; mais, s'il était plus rapproché de Manosque, il remplacerait avec avantage celui que l'on emploie dans cette ville, pour le chauffage domestique. Calciné en vase clos, il donne un coke dont les fragments sont agglutinés, mais qui n'a point éprouvé de boursouflement. Il contient 0,077 de pyrites.

(5) Lignite de Dauphin (Basses-Alpes). Il provient des couches dites de fabrique, dont les produits servent principalement au chauffage domestique à Dauphin et à Forcalquier. Il est léger, brillant, assez semblable aux charbons des Bouches-du-Rhône. Il s'enflamme facilement, et brûle avec une belle flamme blanche. Calciné en vase clos, il se fendille et devient d'un gris métallique. Il renferme 0,061 de pyrites.

(6) Lignite de Sigonce (Basses-Alpes). Il provient de la grande mine, et ne sert qu'au chauffage domestique à Sigonce et à Forcalquier : ses caractères et ses propriétés sont les mêmes que ceux du charbon de fabrique de Dauphin. Il contient 0,048 de pyrites.

(7) Lignite de Manosque (Basses-Alpes). L'échantillon analysé provient de la grande couche de la concession de Ratefarnoux. Il sert également pour la cuisson de la chaux et pour le chauffage des poêles. Il contient 0,143 de pyrites.

Ce charbon, ainsi que tous les lignites de Provence, à l'exception toutefois de ceux des environs de Dauphin, ne donne pas, à proprement parler, de coke, lorsqu'on le calcine en vase clos, mais laisse un résidu fendillé, d'un gris métallique. Il paraît cependant que tous ces charbons pour-

raient produire du coke s'ils étaient calcinés à l'abri du contact de l'air, et sous une certaine pression. Ainsi, dans les fours à chaux de Ratefarnoux, où l'on met quelquefois des lits de charbon de plus de 50 centimètres d'épaisseur, j'ai trouvé, au centre de ces couches de combustible, des morceaux de coke très-dur, léger, brillant et poreux, mais qui paraissait n'avoir éprouvé ni ramollissement ni boursouflement. Ce coke est encore très-sulfureux Le pouvoir calorifique d'un échantillon a été trouvé de 0,647.

(8) Lignite de Villemus (Basses-Alpes). Il provient de petites couches situées près du gisement de grès bitumineux. Il n'a pas encore été exploité; et le peu d'épaisseur des couches ne permettra probablement pas d'en tirer partie. Il contient 0,085 de pyrites.

(9) Lignite de Pierrevert (Basses-Alpes), provenant de travaux de recherche. Il paraît encore plus terreux et plus friable que les autres lignites des Basses-Alpes. Le résidu qu'il donne par la calcination est d'un noir terne très-fendillé. Il renferme 0,078 de pyrites.

(10) Lignite de la Cadière (Var). Il a un aspect assez analogue à celui de certaines houilles sèches. Cependant il ne colle pas du tout, et ne donne, par la calcination, qu'un résidu semblable à celui des autres lignites de Provence. Il s'enflamme facilement et brûle avec une flamme longue, très-convenable pour le chauffage des chaudières. Il contient 0,034 de pyrites.

(11) Lignite de Saint-Zacharie (Var). Charbon de la grande mine, très-léger, se délitant facilement et ne pouvant supporter le transport. Il contient 0,053 de pyrites.

Digitized by Google

(12) Lignite du Beausset (Var), provenant de travaux de recherche. Ces travaux ont été abandonnés, le gîte étant peu régulier, et le charbon presque toujours mêlé de veines de gypse. Un échantillon trié avec soin a donné 0,085 de pyrites.

(13) Lignite de Méthamis (Vaucluse), employé pour le chauffage, et la cuisson du plâtre. Il est d'un noir terne, se délite rapidement à l'air : il contient 0,053 de pyrites.

(14) (15) Lignites de Piolenc (Vaucluse). On n'exploite plus, dans cette concession, que les couches connues sous le nom de mines basses, dont le charbon est de qualité très-inférieure. Il est terreux, friable, et se délite facilement à l'air. Il brûle avec une très-forte odeur de soufre, et le résidu qu'il donne, lorsqu'on le calcine en vase clos, est très-fendillé. Le charbon de la mine basse de Bouqueyran (n° 14) contient 0,073 de pyrites. Le n° 15, qui est un échantillon de choix de la mine basse de Saint-Fons en renferme 0,060.

(16) Lignite de Montdragon (Vaucluse). Il ressemble tout à fait à celui de Piolenc par l'ensemble de ses caractères. Il contient 0,072 de pyrites.

2° *Cendres de bruyères de l'Esterel* (Var).

La plus grande partie du sol des vastes forêts de l'Esterel est couverte de bruyères qui atteignent une hauteur de près de 3 mètres. Ces bruyères sont souvent brûlées sur place, et la grande quantité de cendres qui se produit ainsi tous les ans avait fait naître l'idée qu'il pourrait être avantageux de les traiter pour en extraire la potasse qu'elles renferment. Les essais dont ces cendres ont été

Digitized by Google

l'objet ont eu par conséquent pour but de déterminer la quantité de sels alcalins qu'elles renferment, ainsi que la composition de ces sels. Ils ont été faits sur des cendres telles qu'on les a recueillies sur les lieux, c'est-à-dire mêlées d'une petite quantité de charbon et de terre.

100 grammes de ces cendres ont été traités par l'eau bouillante. La dissolution filtrée et évaporée à sec a donné un résidu qui pesait, après avoir été calciné jusqu'à fusion, 14^{g},89. Ce résidu ayant été dissous dans l'eau, on en a séparé, par l'acide nitrique, une petite quantité de silice. Les acides sulfurique et carbonique et le chlore ont été dosés par les procédés ordinaires; l'alcali, à l'état de chlorure. L'analyse de ce chlorure a fait voir qu'il ne contenait que de la potasse. On s'était d'ailleurs assuré, par des essais préliminaires, que la dissolution ne renfermait ni chaux, ni alumine, ni magnésie, ni oxyde de fer.

La quantité de potasse est un peu plus forte qu'il ne serait nécessaire pour former des sulfate, carbonate et chlorure neutre. L'excès est probablement combiné avec la silice, et se trouve à peu près dans la proportion convenable pour former le silicate K*Si*. La composition de ces sels peut donc être représentée de la manière suivante :

Silicate de potasse. . .	0,033	ou pour 1 de cendres.	0,0049
Sulfate de potasse. . .	0,339		0,0505
Chlorure de potassium.	0,087		0,0129
Carbonate de potasse.	0,541		0,0806
	1,000		0,1489

Il est douteux par conséquent que leur traitement puisse offrir de l'avantage.

Digitized by Google

3° *Calcaires.*

	L'ASSASSIN. (1)	ROQUEFAVOUR. (2)
Eau.	0,02	0,060
Oxyde de fer.	0,01	0,025
Carbonate de chaux.	0,86	0,715
Argile.	0,11	0,200
	1,00	1,000

Ces deux calcaires proviennent des travaux du canal de Marseille. Le premier a été pris dans l'un des puits du percé de l'Assassin; le second dans les tranchées ouvertes pour les fondations du pont-aqueduc de Roquefavour. Ce dernier paraît devoir être très-hydraulique; mais il n'a encore été l'objet d'aucun essai en grand.

4° *Kaolin de Grimaud* (Var).

Ce kaolin se trouve en assez grande quantité dans les terrains primitifs des environs de Saint-Tropez : il est mêlé de quartz et de feldspath en partie décomposé. Sa couleur est un peu jaunâtre; mais l'acide muriatique faible le décolore complétement en lui enlevant l'oxyde de fer.

Par le lavage on en sépare 0,29 de sable quartzeux et feldspathique. Mais, comme on n'a eu jusqu'à présent l'intentiou de l'employer que pour la couverte des faïences fines, il serait inu-

tile pour cet objet de lui enlever le sable qu'il contient. Aussi l'analyse a-t-elle été faite sur du kaolin non décanté. Elle a donné les résultats suivants :

Eau.	0,028
Silice.	0,625
Alumine. . . .	0,198
Oxyde de fer. .	0,012
Chaux.	trace
Magnésie. . .	0,028
Potasse. . . .	0,091
	0,982

5° *Argiles et sables.*

	(1)	(2)	(3)	(4)
Eau.	0,062	0,031	0,028	0,046
Carbonate de chaux. . .	0,278	0,369	0,332	0,179
Oxyde de fer.	0,035	0,045	0,035	0,030
Argile. { Silice.	0,405	0,397	0,041	0,100
Argile. { Alumine. . . .	0,220	0,158		
Sable.	»	»	0,564	0,645
	1,000	1,000	1,000	1,000

(1) (2) Argiles prises sur la commune de Bouc (Bouches-du-Rhône), dans la propriété dite la Petite-Bastide. Elles sont rougeâtres, douces au toucher et assez liantes. On a l'intention des les employer pour la fabrication des briques et de la poterie commune.

(3) Grès de la même localité appartenant au terrain à lignite.

Digitized by Google

(4) Sable provenant de la décomposition de ce grès. Les ravins le charrient en assez grande quantité sur les terres cultivées des environs.

6° *Terres végétales.*

	(1)	(2)	(3)	(4)
Sable.	0,033	0,347	0,298	0,389
Argile.	0,342	0,377	0,432	0,311
Oxyde de fer.	0,035	0,052	0,010	0,068
Carbonate de chaux. . .	0,578	0,156	0,213	0,143
Humus et eau.	0,012	0,068	0,047	0,089
	1,000	1,000	1,000	1,000

	(5)	(6)	(7)	(8)
Sable.	0,405	0,461	0,373	0,317
Argile.	0,303	0,247	0,349	0,375
Oxyde de fer.	0,056	0,072	0,056	0,092
Carbonate de chaux. . .	0,121	0,149	0,133	0,100
Humus et eau.	0,115	0,071	0,089	0,116
	1,000	1,000	1,000	1,000

(1) Terre provenant de la même propriété que les argiles et sables ci-dessus. On y cultive avec

Digitized by Google

assez de succès la vigne et les céréales : il est probable que l'on améliorerait encore sa qualité en la mélangeant avec une certaine quantité de sable dont l'analyse a été donnée plus haut.

Les autres terres végétales ont été envoyées par des propriétaires des environs de Vence (Var). Il a été impossible jusqu'à présent d'obtenir des renseignements sur leur culture et la nature de leurs productions.

7° *Minerais de fer.*

	LES BAUX. (1)	SÉNAS. (2)	FONTAINIEUX. (3)
Eau	0,120	0,208	0,062
Carbonate de chaux	»	0,064	0,078
Alumine	0,225	0,398	trace.
Peroxyde de fer	0,500	0,145	0,810
Argile	0,155	0,185	0,050
	1,000	1,000	1,000
Richesse en fer	0,347	0,100	0,560

(1) Minerai des Baux (Bouches-du-Rhône). Ce minerai se trouve en couches dans le calcaire de la craie inférieure. Il est formé de grains, de la grosseur d'un pois, empâtés dans une argile rouge. Par le lavage on peut séparer une partie de cette argile, mais on n'augmente pas sensiblement la richesse du minerai. L'oxyde de fer est disséminé

Digitized by Google

dans toute la masse d'une manière à peu près uniforme, et les grains n'en renferment pas une plus forte proportion; quelques-uns même paraissent presque entièrement formés d'hydrate d'alumine.

L'alumine qui se trouve à l'état d'hydrate a été dosée de deux manières, en traitant le minerai : 1° par une dissolution de potasse; 2° par l'acide muriatique concentré et bouillant. Les résultats obtenus au moyen de ces deux reactifs ont été tout à fait identiques.

L'eau et l'alumine se trouvent dans ce minerai dans les proportions convenables pour former l'hydrate *AlAq*. Si l'alumine est en effet à cet état, l'oxyde de fer doit être anhydre. Mais il paraît difficile d'admettre qu'il en soit réellement ainsi : la facilité avec laquelle cet oxyde se dissout dans l'acide muriatique faible donne lieu de penser qu'il doit aussi être à l'état d'hydrate.

Ce minerai est très-abondant dans les communes des Baux et de Maussanne. Sa richesse, d'après l'analyse qui précède, est assez considérable; mais la grande quantité d'alumine qu'il renferme ne permettra probablement pas de le traiter seul; et l'on ne pourra en tirer parti qu'en le mêlant avec des minerais siliceux ou calcaires, tels que ceux qu'on traite au fourneau de Velleron.

(2) Minerai de Sénas (Bouches-du-Rhône). Il est tout à fait semblable au précédent par son gisement, ses caractères, et le rapport entre les quantités d'eau et d'alumine qu'il contient.

(3) Minerai de Fontainieu près de Marseille. Ce minerai, qui se trouve dans le terrain crétacé, paraît avoir été anciennement exploité. L'échantillon analysé a été pris à la surface du sol dans le

Digitized by Google

voisinage d'anciennes excavations, et d'affleurements presque complétement recouverts par la terre végétale. Des fouilles exécutées dans cette localité offriraient un grand intérêt, et pourraient donner des résultats importants.

Digitized by Google

RÉSULTATS PRINCIPAUX

Des expériences faites au laboratoire de Clermont pendant l'année 1839;

Par M. BAUDIN, Ingénieur des mines.

N° 1. *Houille de Cingles* (Puy-de-Dôme).

Échantillon recueilli dans une tranchée de reconnaissance ouverte par M. de Moruy demandeur en concession, près et au sud de la Guinguette.

Cette houille est d'un beau noir, sa cassure est brillante et lamelleuse principalement, suivant le plan de la couche. Sa poussière est brune.

Calcination.

Deux calcinations, opérées avec les précautions ordinaires, ont donné :

La 1re pour 10 gr. houille,	6,85	coke très-boursouflé
La 2e pour 10	6,75	*id.*
Moyenne :		
Pour 100 de houille	68	de coke.
Et	32	produit volatile.

Incinération.

L'incinération a donné sur 5 gram. : 0g,41 de cendre d'un rouge pâle.

Pour 100 de houille : 8 de cendre.

Digitized by Google

Pouvoir calorifique.

Deux fusions faites avec 1 de houille porphyrisée et 30 de litharge ont donné :
La 1re 27g,40 de plomb; la 2e 27g,30.
Moyenne : plomb réduit 27g,30.

N° 2. *Calcaire bitumineux de la Limagne.*

Ayant éprouvé dans la détermination du bitume de ces roches, par les procédés ordinaires, d'assez grandes difficultés résultant de l'incomplète action de l'éther sulfurique et de l'essence de térébenthine, comme dissolvant, si l'on a recours à ces dissolvants, et de la nécessité d'une analyse complète des roches si l'on procède par incinération, mode qui a d'ailleurs l'inconvénient de grossir le chiffre du bitume de toute l'eau hygrométrique ou combinée, on a eu l'idée de déterminer la proportion du bitume par la quantité de plomb que peut donner chaque roche fondue avec un excès de litharge.

La constance des résultats obtenus avec les mêmes roches et leur accord avec ceux fournis par les méthodes ordinaires, ont dû faire regarder cette méthode de détermination, comme étant aussi exacte qu'elle est simple, du moins pour les roches dont la teneur en bitume ne dépasse pas 25 à 30 p. cent.

Comme point de départ on a du rechercher la quantité de plomb réduite par le bitume pur. Grâces à une analyse élémentaine du bitume de Pont du Château, faite par M. Ebelmen et consignée dans la troisième livraison, 1839, des

Digitized by Google

Annales des mines, on a pu, sans expérience ad hoc, la calculer d'après les données admises d'nn rendement de 34 pour le carbone et 104 pour l'hydrogène.

Ces données appliquées au bitume de Pont-du-Château, composé de :

Hydrogène.	9,58	ou	Hydrogène.	8,28
Carbone. .	77,52		Carbone. .	77,52
Oxygène. .	10,53		Eau. . . .	11,83
Azote. . .	2,37		Azote. . .	2,37
	100,00			100,00

portent à 35 le rendement en plomb de ce bitume (desséché à 150°).

Ce diviseur 35 appliqué aux nombres du plomb réduit, doit donc donner pour les roches bitumineuses d'Auvergne leur teneur en bitume.

N° 3. *Calcaire bitumineux des Moys, commune de Dallet.*

Ce calcaire d'un brun fauve plus ou moins foncé, est de toutes le roches de la Limagne, celle qui par son homogénéité et son delitement au feu se rapproche le plus du calcaire de Seyssel.

Deux échantillons, d'inégale richesse, traités par la litharge (on a opéré dans tous ces essais sur 1g de roche finement pulvérisée, mélangée avec 30g de litharge, le tout recouvert de 30 autres grammes de litharge), ont donné :

N° (1). Plomb réduit 7g,60.

N° (2). Plomb réduit 6g,40.

d'où

N° (1). Teneur en bitume 22 p. 0/0, teneur exceptionnelle.

N° (2). Teneur en bitume 18 p. 0/0 teneur applicable à des masses d'une certaine importance.

En raison de cette grande richesse en bitume le calcaire des Moys soumis à l'action de la chaleur, laisse liquater une forte proportion de bitume et tombe sous la moindre pression plutôt en pâte qu'en poussière. Il exhale d'ailleurs dans cette circonstance une odeur fétide qui le différencie d'une façon très-tranchée du calcaire de Seyssel dont l'odeur, sous l'impression du feu, est au contraire comme aromatique et qui ne se fond d'ailleurs qu'à une plus haute température.

N° 4. *Calcaire concretionné bitumineux du Puy de la Bourière, commune de Lempdes.*

Le calcaire du Puy de la Bourière, formé de sphéroïdes calcaires, juxtaposés, d'environ 5 à 6 décimètres de diamètre (épaisseur du banc), est remarquable par la forte proportion de bitume qu'il contient, bitume dont la distribution se ressent de la texture concrétionnée de la roche, y étant aussi répandu en zones concentriques.

Deux échantillons essayés par la litharge, ainsi qu'il a été dit ci-dessus, ont donné :

N° (1). Plomb réduit 7g,36.
N° (2). Plomb réduit 6g,3.

d'où

N° (1). Teneur en bitume 21 p. 0/0.
N° (2). Teneur en bitume 19 p. 0/0.

En raison de cette grande richesse, le calcaire du Puy de la Bourière pourra être d'un utile emploi dans la confection des mastics bitumineux; mais son peu d'homogénéité rendra probablement nécessaire sa préalable pulvérisation.

Digitized by Google

N° 5. *Calcaire oolithique du Puy de La Selle.*

Ce calcaire forme plusieurs petites couches d'apparence réglée dans sa formation tertiaire; sa cassure présentant un fond d'un brun presque noir, sur lequel se détachent les grains oolithiques, ferait présumer à priori une plus grande teneur que celle donnée par les essais.

Deux échantillons traités par la litharge, ainsi qu'il a été dit, ont donné,

N° (1). Plomb réduit 5g,50.
N° (2). Plomb réduit 5g,01

d'où

N° (1). Teneur en bitume 16 p. 0/0.
N° (2). Teneur en bitume 14 p. 0/0.

Cette oolite bitumineuse, dont la teneur moyenne peut être portée à 15 p. 0/0, paraît être jusqu'à présent la seule roche de la Limagne qui abandonne à l'eau bouillante une proportion notable de son bitume.

Dans un essai, 10g ont abandonné, bitume surnageant, 0,51 soit 5 p. 0/0.

Aucune autre roche de la Limagne, même les grès, à égale teneur, ne donnent à beaucoup près un résultat aussi élevé.

La composition de la roche peut d'ailleurs se conclure du chiffre de bitume 15, et du poids du résidu au grillage, trouvé 56 p. 0/0 (moyenne de 4 opérations).

En n'admettant dans la roche que bitume, carbonate de chaux et argile, la proportion de ces trois substances devra être :

Bitume.	15
Carbonate de chaux.	65
Argile.	20
	100

N° 6. *Calcaire marneux et calcaire crayeux du Puy de La Selle.*

On a été curieux de rechercher la teneur en bitume de ces deux roches, dans lesquelles cette substance ne se révèle qu'à l'odorat et nullement à la vue. Le calcaire marneux étant d'un gris légèrement bleuâtre et le calcaire crayeux d'un blanc éclatant.

Traitées par la litharge, ces deux roches ont donné.

Calcaire marneux (banc des œufs). Plomb 0,98
Calcaire crayeux. 0,72

C'est pour le calcaire marneux, teneur en bitume, 2,8 p. o/o.

Et pour le calcaire crayeux, teneur en bitume 2 p. o/o.

Cette teneur de 2 à 3 p. o/o peut, sans exagération, être considérée comme applicable à toute la formation tertiaire de la Limagne.

N° 7. *Calcaire asphaltique de Seyssel.*

Ayant eu en main un échantillon du calcaire de Seyssel, on a eu la curiosité de le traiter comme les calcaires ci-dessus.

Deux fusions opérées avec la litharge, ont donné :

La première, plomb réduit, 3,45.
Et la deuxième, 3,68.
Moyenne, 3,56.

d'où, teneur en bitume, en appliquant à l'asphalte Seyssel le diviseur 35, 10 p. o/o.

Et c'est en effet la teneur assignée au calcaire de Seyssel par les nombreuses analyses dont il a été l'objet.

Digitized by Google

N° 8. *Roches trachytiques alunogènes de la vallée de Mandailles* (Cantal).

Échantillons recueillis près du village de Benex, commune de Mandailles, sur les rives droite et gauche du petit ruisseau de Louradou, en deux points présumés alunifères en raison des efflorescences d'alun qui se montrent à la surface des rochers.

Les échantillons recueillis peuvent être ramenés à deux types : l'un, n° (1), que sa solidité, sa cassure compacte, sa couleur grise maculée de blanc, feraient rapporter à un trachyte, si la présence de parties fibreuses offrant l'éclat soyeux et les caractères de la ponce, n'indiquait plutôt une roche de remaniement, un tuf trachytique : ce tuf renferme d'ailleurs en parties discernables à l'œil nu des pyrites cristallisées ; l'autre, n° (2), ne différant du n° (1) que par une moindre solidité, une cassure relativement terreuse et homogène, enfin l'absence de ponces et pyrites discernables.

Soupçonnant tout d'abord que les efflorescences observées à la surface de ces roches pouvaient n'être qu'un résultat de décomposition de pyrites, on a recherché leur teneur en pyrites. Le n° (1), dans lequel les pyrites sont visibles à l'œil nu, a donné pour moyenne de deux opérations :

Plomb réduit par 5g tuf de 4g de litharge, dont 20 en mélange et 20 en recouvrement, 3g,44.

Le n° (2), dans les mêmes circonstances, 2g,72.

Ces résultats, en partant d'un rendement en plomb de la pyrite 84 p. 0/0, supposent une teneur en pyrite :

Pour le n° (1), de 8,1 p. 0/0.

Et pour le n° (2), de 6,4 p. 0/0.

Digitized by Google

Ces résultats pouvant être entachés d'erreurs par l'existence dans le tuf de soufre libre et de matières organiques, et laissant d'ailleurs non résolue la question de gite alunifère, on a procédé à l'analyse complète du tuf et uniquement de la variété (n° 2), comme autorisant plus particulièrement, par ses caractères physiques et son altération apparente, la présomption d'une teneur en alunite quelconque.

L'analyse faite en attaquant la matière, préalablement porphyrisée, par l'acide muriatique concentré et bouillant, recherchant dans le résidu la silice gélatineuse par la potasse liquide, et les pyrites par l'acide nitrique, a donné les résultats suivants :

Dissolution muriatique.	Acide sulfurique. .	0,00
	Oxyde de fer. . . .	0,35
	Alumine.	10,60
	Chaux.	0,30
	Magnésie.	0,60
Dissolution potassique.	Silice.	16,25
Dissolution nitrique.	Peroxyde de fer. .	4,05
Résidu inattaqué d'un beau blanc.		59,00

Enfin l'analyse totale de la roche, en procédant par attaque préalable au creuset de platine et portant tout le soufre à l'état de pyrite ainsi qu'on y est autorisé par l'analyse précédente, a donné pour résultat :

Silice.	59,60
Persulfure de fer. .	6,15
Protoxyde de fer. . .	0,40
Alumine.	16,40
Chaux.	0,45
Magnésie.	65
Eau.	5,60
Alcali et perte. . . .	10,75
	100,00

Digitized by Google

Tous ces résultats s'accordent ensemble pour établir que le tuf de Benez, du moins les échantillons recueillis, ne renferme point d'acide sulfurique en combinaison, partant point d'alunite, et que les efflorescences qui se produisent à la surface de la roche sont uniquement dues à la réaction lente des pyrites des parties superficielles des roches ; réaction qui ne paraît même pouvoir s'établir qu'à la longue; car tous les grillages opérés en petit ont été impuissants à produire des efflorescences salines, par l'exposition à l'air des matières grillées et humectées.

Si donc le tuf trachytique de Mandailles a pu être, minéralogiquement parlant, dit alunogène, sous le rapport industriel, cette qualification lui est très-contestable.

N° 9. *Analyse de deux terres végétales du Midi, remise par M. le préfet du Puy-de-Dôme.*

Portant désignation :

N° (1) terre du plantier de Lasquéroux.

N° (2) terre de Dissous-le-Pré, près du Trouillas.

Ces deux terres sont d'un blanc pâle; elles paraissent toutes les deux essentiellement formées des détritus d'un calcaire plus ou moins argileux qui doit former le sol de la contrée, ses débris atteignant fréquemment jusqu'à la grosseur d'un gros pois. On y distingue aussi des fragments assez nombreux de chaux carbonatée cristalline, et encore des fragments beaucoup plus petits de quartz parfois blanc laiteux.

L'œil ne saisit d'ailleurs entre les deux terres d'autre différence qu'une plus grande richesse de

Digitized by Google

la terre N° 2 en parties végétales, racines, branches et graines.

L'analyse de ces deux terres a donné les résultats suivants :

N° 1.

Carbonate de chaux. . .	5,91	
Carbonate de magnésie. .	0,20	
Silice.	2,52	ou encore : Quartz. 1,02
Alumine.	0,75	Argile. 2,25
Oxyde de fer.	0,25	
Eau et humus.	0,37	
	10,00	

N° 2.

Carbonate de chaux. . . .	5,02	
Carbonate de magnésie. .	0,16	
Silice.	3,00	ou encore : Quartz. 1,16
Alumine.	0,92	Argile. 2,76
Oxyde de fer.	0,30	
Eau et humus.	0,60	
	10,00	

On a procédé à la détermination spéciale de la proportion des matières végétales en fondant à 4 reprises 5,9 de chacune des deux terres avec 50 gr. de litharge. La moyenne en plomb réduit a été :

Pour le N° (1) plomb réduit. 0gr.,24
Pour le N° (2) — — 1gr.,19

Ce qui, en admettant un rendement en plomb de 12 p. 1 de mat. végétale, correspond à :

N° (1) parties organiques p. 1. 0,004 env. 1/2 0/0
N° (2) — — 0,018 env. 2 0/0

De ces deux analyses il résulte que les deux terres renferment tous les éléments des meilleures terres : calcaire, quartz et argile;

Digitized by Google

Que le N° 2 renferme une plus forte proportion de quartz et argile que le N° (1), et partant une moindre proportion de calcaire;

Que ce même N° (2) renferme d'ailleurs une assez forte proportion de matières organiques, ce qui toutefois peut tenir à une circonstance particulière de culture.

A vrai dire ces résultats analytiques sont loin de donner et ne sauraient donner de complètes notions sur les qualités des deux terres, leur nature agronomique pouvant varier presque du tout au tout, en d'autres termes les terres pouvant être *fortes* ou *légères* selon la manière d'être physique des détritus minéraux qui les constituent.

Pour s'éclairer à cet égard, on les a expérimentées dans le but de reconnaître :

1° La quantité d'eau qu'elles sont susceptibles de retenir par imbibition;

2° Le degré de perméabilité qu'elles peuvent présenter aux racines après dessiccation, circonstances physiques qui paraissent en connexion très-intime avec la qualité des terres.

Pour déterminer le pouvoir d'imbibition des terres en expérience,

100 gr. de chacune d'elles ont été délayés avec 100 gr. d'eau, le tout jeté sur un filtre préalablement mouillé, et le liquide écoulé recueilli et pesé pour en conclure par différence le liquide retenu.

On a ainsi trouvé que

100 gr. du N° (1) pouvaient retenir 33 d'eau
100 gr. du N° (2) 45

Comme on le voit, la terre N° (2) l'emporte très-notablement, quant à la faculté de retenir l'eau, sur celle du N° (1), ce qui s'accorde du reste avec

Digitized by Google

l'analyse donnant pour le N° (2) une plus forte proportion d'argile.

Voilà pour la qualité relative des deux terres; quant à la qualité absolue, elle ne peut ressortir que de la comparaison faite des résultats donnés par ces deux terres avec les résultats obtenus de terres connues.

A cet égard, on trouve, *Dictionnaire technologique*, article *Engrais*, que pour de

La terre de bonne qualité de Grenelle, près Paris.	100	abs.	47 eau
Terre mauvaise qualité trop compacte (argileuse) *id.*	100	»	71
Terre mauvaise qualité trop légère (sableuse) *id.*	100	»	32

On trouve encore, *Annales des mines*, année 1837 :

Terre de bonne qualité, St.-Germain-en-Brie.	100	abs.	47
Qualité inférieure *id.* *id.*	100	»	33
Sable pur de Nemours (impropre à toute culture).	100	»	23

Pour déterminer le degré de perméabilité après dessiccation,

On a fait de petites boulettes en malaxant la terre avec une quantité suffisante d'eau,

La règle pratique donnée par les agronomes est (*Dictionnaire technologique*, art. *Engrais*) que les boulettes ainsi formées doivent après dessiccation présenter une certaine solidité, mais néanmoins pouvoir s'écraser et se réduire en poudre entre les doigts.

Les deux terres N° (1) et N° (2), à cet essai, ont donné des masses argileuses très-solides et que l'on n'a pas pu écraser par la simple pression entre les doigts.

Digitized by Google

Les deux terres N° (1) et N° (2), dont la dernière se rapproche, quant au pouvoir d'imbibition, des bonnes terres, paraîtraient donc pécher toutes les deux par défaut de perméabilité et doivent donner un sol trop compacte.

Le moyen de combattre cette nature trop compacte du sol doit d'ailleurs être l'emploi d'engrais et d'amendants qui divisent la terre.

Et quant aux amendants quartz ou calcaire, la condition absolue de leur bon emploi doit être une grande ténuité ; autrement, pour éviter l'inconvénient d'une terre trop compacte (non perméable aux racines), on tomberait dans l'inconvénient d'une terre trop légère ne retenant plus l'eau, cas où déjà se trouve le N° (1) par suite de la non-ténuité du calcaire et quartz.

Les idées ci-dessus toutefois émises avec la réserve que commande une matière aussi délicate et aussi peu étudiée, et indépendamment d'ailleurs des circonstances de gisement, d'exposition et de profondeur arable des deux terres expérimentées.

N° 10. *Fer oxydé hydraté de Deveix, près Bort* (Corrèze).

Échantillons remis au laboratoire par M. Vincent Mignot. Ce minerai est destiné à l'alimentation d'un haut-fourneau en construction à Saint-Thomas, près Bort. Il paraît constituer dans le terrain primitif un filon réglé de puissance exploitable. Sa richesse est très-variable : c'est tantôt une hématite brune presque pure, tantôt un quartz jaunâtre très-pauvre.

10 gr. pris sur un échantillon d'apparence notalement siliceuse, tel que peut être le minerai en

Digitized by Google

masse, ont été fondus au creuset brasqué avec 3 de borax.

L'essai a donné un culot de fonte pesant 3gr.,52; c'est p. 0/0 rendement à la fonte, 35.

Ce rendement permet d'espérer de productifs résultats de l'exploitation du gîte de Deveix.

N° 11 *Fer oxyde hydraté de Rey* (Corrèze), *près Pleaux* (Cantal).

Échantillons remis, comme les précédents, par M. Vincent Mignot.

Ce minerai, analogue à celui de Deveix, mais plus riche, doit être comme ce dernier traité au haut-fourneau de Saint-Thomas, si le coût des transports n'y met obstacle.

10 gr. fondus au creuset brasqué avec 3 de borax, ont donné :

Fonte.	4gr.,83
Pour 100, Fonte. . .	48

Rendement considérable et qui pourra peut-être permettre l'exploitation du gîte nonobstant son éloignement de l'usine.

N° 12. *Galènes argentifères de Chateldon.*

Échantillon provenant d'une fouille ouverte près Chateldon, par M. de Lamurette.

Cette galène est à facettes moyennement larges et légèrement contournées.

5 grammes porphyrisés, passés directement à la coupelle avec leur poids de plomb, ont donné un bouton d'argent de. . . . 0g.,0015

C'est pour 1, argent. . . . 0g.,0003

Ou au quintal ancien. . . 3 gros, 60 grains.

Teneur des plus faibles.

Échantillons provenant d'une fouille peu éloignée de celle du numéro précédent, ouverte par M. Colin.

5 grammes, passés directement à la coupelle avec leur poids de plomb, ont donné :

Un bouton d'argent de. . . $0^{g.},00175$
C'est pour 1, argent. . . $0^{g.},00035$
Ou au quintal ancien. . . 4 gros, 34 grains.

Ces faibles teneurs ne permettent guère de songer à l'exploitation pour argent des filons de galène de Chateldon.

N° 13. *Minerais argentifères et aurifères de Pont-Vieux* (Puy-de-Dôme).

Échantillon du filon du haut de la côte, remis par M. Chenot.

Cet échantillon est remarquable par son peu d'homogénéité : la blende, la jamesonite et la pyrite, qui souvent sont intimement mêlées, s'y montrent en zones des plus distinctes. La densité du minerai, qui n'a été trouvée que de 3,75, suppose d'ailleurs une notable proportion de gangue pierreuse.

5 grammes de ce minerai, simplement pulvérisé, ont donné au grillage :

$34^{g.},50$ minerai grillé :

Soit, pour 100 grammes minerai, 69 minerai grillé.

Des $34^{g.},50$ de minerai grillé,
25 grammes ont été fondus avec
37 carbonate de soude,
2,50 de charbon.

La fonte a donné un culot de plomb légèrement antimonial de $2^{g.},60$.

Digitized by Google

Le culot passé à la coupelle a donné un bouton d'argent et or pesant 0,012.

Et le bouton, traité par l'acide nitrique, a laissé : or. 0g.,0025

D'après quoi le minerai grillé renferme :

Argent. 0,00038
Et or. 0,00010

Le minerai lui-même renferme :

Argent. 0,00026
Or. 0,00007

Pyrites des salbandes des filons de Pont-Vieux.

Ces pyrites sont disséminées dans un sable plus ou moins argileux qui forme les salbandes du gîte.

200 grammes de la roche formant salbande, lavés à l'augette, ont donné :

32 grammes de schlich pyriteux,

Lesquels 32 grammes ont eux-mêmes donné au grillage :

25 grammes de schlich grillé.
On a fondu ces
25 grammes de schlich grillé avec
200 de litharge
et 1 de charbon.

La fonte a produit un culot de plomb de 83g.,50;

La coupellation, un bouton d'or et argent pesant 0g.,01.

Et le départ par l'acide nitrique, un poids d'or de 0g.,0025.

C'est pour 1 de schlich grillé :

Or. 0,0001

Et pour 1 de la roche pyriteuse brute seulement : or, 0,0000125.

NOTICE

Sur un THERMO-BAROMÈTRE *portatif*, APNEUMATIQUE, AVEC CURSEUR ICONIQUE, *instrument qui dispense de tenir compte de la température du mercure dans les observations barométriques, et qui est éminemment portatif.*

Par M. J. PORRO, officier supérieur du génie militaire piémontais.

Les difficultés que présente le transport du baromètre ne sont complétement évitées, ni dans les baromètres à robinet qui sont sujets à casser par la dilatation du mercure, et même à admettre de l'air dans certains cas; ni dans les baromètres de Gay-Lussac, et autres modifiés de celui-là, dont la fragilité est très-grande, et qui admettent facilement de l'air lorsqu'on les retourne brusquement; ni dans la plupart des autres formes que l'on a tâché de donner à cet intéressant instrument.

L'inégalité de la température dans les différents points de la colonne barométrique est une source d'erreurs que MM. Bunten à Paris, l'abbé Bellani en Italie, ont éloignée en prolongeant le baromètre de Gay-Lussac, et en le disposant de manière que quand l'instrument est placé horizontalement, il fait fonction de thermomètre; mais ce moyen a l'inconvénient de rendre l'instrument plus long et plus fragile.

Digitized by Google

M. Bunten avait pensé aussi à arrêter les bulles d'air qui s'insinuent parfois dans la colonne barométrique avant qu'elles arrivent au vide ; mais son baromètre est d'une construction difficile et d'une fragilité tout aussi grande.

Nous pensons avoir remédié à ces inconvénients-là par la construction suivante :

Après la courbure d'un baromètre à siphon, en remontant vers la branche inférieure, nous coupons le tube à 3 ou 4 centimètres de ladite courbure, et l'effilons en pointe capillaire. Nous ajoutons à la branche inférieure une boule ordinaire de 2 centimètres environ de diamètre, terminée inférieurement par un goulot qu'on ajuste à l'émeri, et qu'on colle ensuite sur la partie conique de la pointe ainsi effilée, de manière que celle-ci pénètre jusqu'au centre de la boule. Au point où l'extrémité inférieure de la branche inférieure se soude à la boule, il y a un étranglement que bouche, pendant le transport, un obturateur en gomme élastique placé à l'extrémité d'une baguette d'acier qui entre dans ladite branche en traversant le fond d'une capsule renversée placée sur son ouverture supérieure ; la quantité de mercure est telle, que quand le baromètre est convenablement abattu, la boule se trouve remplie de mercure, en admettant toutefois une petite bulle d'air.

Il est aisé de voir que l'élasticité de cet air permettra au mercure de se dilater ou se contracter à volonté ; mais il sera impossible que cette petite quantité d'air, qui se change toutes les fois qu'on ouvre et referme le baromètre, puisse jamais pénétrer dans l'intérieur du tube barométrique, puis-

que par la loi de la gravité la pointe capillaire est toujours plongée dans le mercure, d'où il suit que le vide barométrique est inaccessible à l'air, ce qui permet de distinguer ce baromètre par le nom de *apneumatique*. La capsule renversée, dont on a parlé, pare à toute perte de mercure, pour le cas où, par mégarde, il en serait resté une petite quantité au-dessus de l'obturateur, qui est lui-même, pour plus de sûreté, continuellement comprimé par un crochet élastique, quand le baromètre est fermé.

Une longue expérience nous a prouvé qu'un baromètre ainsi construit peut voyager par quelque moyen de transport que ce soit, sans autres ménagements que ceux qu'exige la fragilité du verre, et peut, étant fermé, supporter sans aucun inconvénient les plus fortes variations de température.

Ayant ainsi réussi à avoir un baromètre apneumatique, c'est-à-dire inaccessible à l'air, et, par cela même, éminemment portatif, nous avons dès lors employé bien plus souvent le baromètre dans les nivellements qu'il nous est arrivé de faire.

Cet instrument nous a servi avantageusement pour des projets de route en montagne, et pour des opérations topographiques ; mais nous ne tardâmes pas à nous apercevoir d'une source d'erreurs dans nos observations, sensible surtout quand, pressé par le temps, nous ne nous arrêtions que peu de minutes dans chaque station : nous voulons parler de l'inégale dilatation des différentes parties de la colonne barométrique par l'application de la main du porteur, et par d'autres circonstances ; ce qui rend

Digitized by Google

illusoire la correction relative au degré marqué par le thermomètre fixe, qui est presque toujours monté précisément à l'endroit où l'on applique la main ; et il faudrait perdre beaucoup de temps à chaque station pour obtenir que la colonne barométrique entière revînt à la même température dans tous ses points.

Voici par quel moyen nous remédions à cet inconvénient dans tout baromètre à siphon, ainsi que dans le nôtre, qui n'en diffère que par l'interposition de la boule ci-devant décrite, et avec la condition seulement que les deux branches du siphon, au moins pour la partie parcourue par les deux ménisques, soient calibrées et égales en diamètre. Soient a, b les lieux actuels du mercure dans les deux branches, le zéro de l'échelle étant placé plus bas que la courbure, et la numération étant ascendante, a et b seront deux nombres positifs, dont la différence sera la pression actuelle en millimètres de mercure ; on aura donc : $a-b=p$, pression actuelle à la température t, et $a+b+x=l$ représentera la longueur actuelle d'une colonne de mercure dont la base serait égale à la section du tube, et le volume serait égal à la quantité totale de mercure contenue dans le baromètre, x étant une quantité à déterminer.

Mais, comme il est facile d'établir l'échelle de manière qu'on ait $x=o$, on aura simplement :

$$\left.\begin{array}{l} a-b=p \\ a+b=l \end{array}\right\} \text{à la température } t.$$

Soient maintenant p', l', ce que deviendrait respectivement p, l, si t devenait égal à zéro ; et soit m, le

coefficient de la dilatation du mercure, on aura nécessairement :

$$p' = p(1-mt) = (a-b)(1-mt) \ldots \quad (1)$$

$$l' = l(1-mt) = (a+b)(1-mt) \ldots \quad (2)$$

Divisant une équation par l'autre, et multipliant par l', il vient : $p' = l' \frac{a-b}{a+b}$: telle est l'expression de la pression barométrique réduite à 0° de température, expression indépendante de la température même du mercure et du coefficient de dilatation, dans laquelle la quantité l' est une constante qu'on pourra déterminer pour chaque instrument en particulier au moyen de l'équation (2), en faisant quelques observations à une température connue.

Avec un peu d'adresse dans la construction de ces baromètres, nous avons réussi à faire pour tous $l' = 1^{mt}$. ; ainsi, pour nos baromètres, nous avons simplement $p' = \frac{a-b}{a+b}$ pour la pression réduite à la température zéro, quel que soit d'ailleurs l'état des différentes parties de la colonne barométrique.

S'il s'agissait de connaître à quelle température moyenne se trouvait la colonne barométrique au moment de l'observation, on tirerait de l'équation (2), $t = \frac{1}{m}\left(1 - \frac{l'}{a+b}\right)$. C'est parce que notre baromètre est particulièrement disposé pour donner, par cette méthode, la pression barométrique corrigée de la dilatation du mercure indépendamment de l'observation thermométrique, et parce qu'il peut donner au besoin la tempé-

Digitized by Google

rature elle-même, que nous avons jugé convenable de l'appeler *thermo-baromètre*, quoique la même méthode puisse, avec un peu plus de calcul, s'appliquer à tout baromètre à siphon.

Nous avons été à même de noter plusieurs discordances remarquables dans l'observation du baromètre entre différents observateurs qui se succèdent, ou quand un même observateur répète l'observation après avoir dérangé l'index; nulle autre cause ne peut produire cet effet si ce n'est la parallaxe et le défaut de clarté qui a lieu dans la vision, quand on doit aligner deux ou trois points qui se trouvent à des distances différentes de l'œil; ce sont là les deux causes d'erreur qu'il faut s'occuper d'éliminer.

Or, un microscope composé de telle manière qu'il se produise en son intérieur une image du ménisque que l'on se propose d'observer, garni d'un fil horizontal très-fin, est sans doute le moyen le plus propre à cet effet; mais il est aisé de voir que de pareils microscopes (et il en faut deux pour tout baromètre à siphon) devraient avoir une longueur incommode, et ils seraient d'un prix fort élevé. Voici le moyen aussi simple qu'exact par lequel nous sommes arrivés à éliminer les deux causes d'erreurs que nous venons de signaler.

Au delà du tube barométrique, par rapport à l'observateur, nous plaçons horizontalement un petit tube en laiton attenant au curseur qui porte le vernier, dont la longueur est de 3 à 4 centimètres, comptés depuis l'axe du tube barométrique. Ce tube contient vers son milieu une lentille simple convexe-convexe, dont le foyer est le quart environ de la longueur susdite; l'ouverture exté-

Digitized by Google

rieure du tube est bouchée par un verre dépoli, au-dessous duquel se trouve tendu horizontalement sur un diaphragme un fil d'araignée ; tout cela est disposé de manière que l'image du fil d'araignée produite par la lentille ait lieu exactement dans l'axe du tube barométrique ; c'est cette image que l'on amène à être tangente au ménisque, et qui donne au curseur l'appellatif d'iconique.

Il y a dans nos baromètres deux de ces curseurs *iconiques*, et ils sont disposés de manière à pouvoir les changer de place du haut en bas du baromètre, et réciproquement afin de permettre la rectification de la position du fil par rapport au zéro du vernier, et pour faire si l'on veut une lecture quadruple, dont la moyenne ne serait que plus approchée.

L'observation peut se faire à l'œil nu, ou bien on peut s'aider d'une loupe à main ordinaire, ce qui vaut mieux : on pourrait aussi adapter un oculaire de Ramsden permanent devant chaque ménisque attenant au curseur, par une disposition convenable et marchant avec lui ; mais ce moyen rendrait l'instrument plus coûteux, et embarrassant dans les transports, et ne conviendrait que pour les baromètres stationnaires. Une locomotion en hauteur d'un demi-mètre est parfaitement sensible à un baromètre ainsi construit, et l'exactitude qu'on en obtient est suffisante pour les nivellements nécessaires à la rédaction des avant-projets de route, etc., etc.

Nous écrivîmes ce même mémoire, à peu de chose près, en italien, en juillet 1832, pour être lu à l'Académie des sciences de Turin, qui s'en occupa dans la séance du 9 décembre suivant. Il en fut

rendu un jugement favorable. Nous avions employé ce baromètre depuis 1822, et il nous avait rendu d'excellents services; l'expérience prolongée encore de huit ans, depuis ladite époque, nous met à même d'assurer maintenant que c'est là le meilleur et le plus portatif de tous les baromètres connus.

Digitized by Google

JURISPRUDENCE DES MINES;

Par M. DE CHEPPE, maître des requêtes, chef de la division des mines.

RECHERCHES DE MINES. — VENTE DES PRODUITS PROVENANT DES RECHERCHES. — INDEMNITÉS.

Nous avons rappelé précédemment les règles relatives aux permissions de recherches de mines et à la disposition des produits obtenus de ces travaux (1).

Les propriétaires du sol ont le droit de faire des recherches dans toutes les parties de leurs propriétés.

Le gouvernement peut, au refus de ces propriétaires, autoriser lui-même des tiers quand il juge que cela est convenable à l'intérêt public.

Toute exploitation de la mine est interdite avant la concession. Mais comme en faisant des travaux d'exploitation ou de reconnaissance on est quelquefois obligé de retirer avec les déblais une certaine quantité de minerai, et qu'il y a des substances, la houille par exemple, qui se détérioreraient si elles restaient exposées à l'influence des agents atmosphériques, l'administration, pour prévenir une perte inutile, permet dans ce cas aux explorateurs de les employer, de les livrer au commerce.

Une ordonnance royale est nécessaire pour autoriser les recherches à défaut du consentement des propriétaires, parce que cette occupation du terrain d'autrui est une sorte d'expropriation momentanée.

La permission de vendre les produits des recherches est du domaine de l'autorité administrative, parce que ce

---

(1) *Annales des mines*, 3e série, tome XI, page 549; tome XII, pages 1, 6; tome XIV, pages 513, 514, 517, 521; tome XVI, pages 685 et suivantes.

Digitized by Google

n'est qu'une simple mesure conservatrice qui ne préjuge rien sur la propriété du gîte minéral.

Quand le gouvernement autorise les recherches, il est dû au propriétaire, d'après l'article 10 de la loi du 21 avril 1810, une indemnité préalable, à titre de dédommagement pour l'occupation de son terrain et eu égard aux avantages que l'explorateur pourra retirer de la permission. Il lui est dû aussi, d'après les articles 43 et 44 de la même loi, des indemnités pour les dégâts que les fouilles auront occasionnés.

Si l'explorateur est en outre autorisé à disposer des produits, une troisième espèce d'indemnité doit être allouée au propriétaire.

La loi n'a pas fait mention de cette dernière indemnité dans les dispositions qui se rapportent aux recherches, mais elle l'a implicitement comprise. L'article 6 attribue au propriétaire du sol une redevance spéciale sur les produits des mines concédées. Il est juste qu'il profite aussi, dans une certaine proportion, du produit des recherches antérieures à la concession. Les raisons de droit et d'équité sont les mêmes, il y a parité complète.

Et de même que c'est l'autorité qui règle la redevance du propriétaire lorsque l'on concède la mine, de même c'est à elle qu'il appartient de fixer, à défaut d'accord entre les parties, la rétribution qui devra être payée par l'explorateur, quand on lui permet de disposer des matières extraites.

Enfin, on est libre de choisir l'explorateur qui paraît mériter la préférence et offrir le plus de garantie. C'est l'unique considération d'une bonne exécution des travaux, des conditions offertes pour la conservation de tous les intérêts, qui doit déterminer les mesures à prendre en pareilles circonstances.

Ces principes ont reçu leur application dans l'espèce suivante :

Il existe au hameau de Fragny, dans la commune de Bully, département de la Loire, des mines de houille qui ont été l'objet de demandes en concession.

On n'a pu encore disposer de ces gîtes; l'instruction se poursuit.

En attendant, il a été nécessaire de continuer les recherches.

L'une des compagnies en instance, qui s'est constituée

Digitized by Google

sous le nom de *Société des mines de Bully et Fragny-sur-Loire*, n'ayant pu obtenir l'adhésion de quelques-uns des propriétaires de la surface, s'est pourvue devant l'administration à l'effet d'être autorisée à poursuivre les explorations en vertu de l'article 10 de la loi du 21 avril 1810.

Sa demande a été notifiée par actes extra-judiciaires aux propriétaires du sol.

L'un de ces derniers, qui était lui-même demandeur en concession, a renouvelé son opposition, prétendant que des recherches n'étaient point nécessaires dans ce terrain, parce que l'existence de la houille y est constatée.

Un autre concurrent a, de son côté, réclamé la préférence, si une permission devait être accordée.

L'ingénieur en chef des mines et le préfet ont conclu en faveur de la Société de Bully et de Fragny.

Le conseil général des mines a été du même avis. Il a pensé que cette Société avait plus de titres, et que la continuation des recherches était utile, indispensable pour compléter la reconnaissance des couches dans la profondeur, en constater l'allure et la puissance; qu'ainsi ces travaux avaient un véritable caractère d'intérêt public et qu'il y avait lieu par conséquent d'appliquer l'article 10 de la loi du 21 avril 1810.

La même Société ayant aussi demandé l'autorisation de vendre les produits de ses recherches, attendu que le charbon de Fragny se détériore par une trop longue exposition à l'air, le conseil des mines a également proposé de donner cette permission, à la charge, par la compagnie, de payer aux propriétaires du sol, indépendamment des indemnités pour occupation de terrains et pour les dommages qui seraient causés, une rétribution spéciale sur les produits des recherches.

Il a été statué sur les deux objets de la demande conformément à l'avis du conseil.

Une ordonnance royale du 19 septembre 1840, intervenue sur le rapport du ministre des travaux publics, a accordé pour deux années à la Société de Bully et Fragny l'autorisation de poursuivre des travaux de recherche et de reconnaissance dans les diverses pièces de terre indiquées.

Cette ordonnance (1) désigne les terrains où les recherches seront faites, la nature des travaux à opérer.

---

(1) Voir ci-après, page 791.

Digitized by Google

Digitized by Google

Art. 51 : « Les concessionnaires antérieurs à la présente loi deviendront, du jour de la publication, propriétaires incommutables, sans aucune formalité préalable d'affiches, vérifications de terrains ou autres préliminaires, à la charge seulement d'exécuter, s'il y en a, les conventions faites avec les propriétaires de la surface, et sans que ceux-ci puissent se prévaloir des articles 6 et 42 de la même loi. »

Art. 53 : « Quant aux exploitants de mines qui n'ont pas exécuté la loi de 1791, et qui n'ont pas fait fixer, conformément à cette loi, les limites de leurs concessions, ils obtiendront les concessions de leurs exploitations actuelles, conformément à la présente loi, à l'effet de quoi les limites de leurs concessions seront fixées sur leurs demandes ou à la diligence des préfets, à la charge seulement d'exécuter les conventions faites avec les propriétaires de la surface, et sans que ceux-ci puissent se prévaloir des articles 6 et 42 de la même loi. »

L'application de ces deux articles a souvent donné lieu à des difficultés (1).

Pour en bien saisir l'esprit, il faut se reporter à la loi de 1791 et au régime qui l'avait précédée.

Sous l'ancienne monarchie, les concessions de mines étaient trop souvent accordées sans un examen sérieux. Elles comprenaient des provinces entières. C'était un abus. Toutes les propriétés d'un pays se trouvaient par là frappées d'une sorte d'interdit, pendant qu'un grand nombre de mines restaient inexploitées entre les mains de ces concessionnaires privilégiés, qui ne voulaient ou ne pouvaient entreprendre des travaux dans tant de lieux à la fois. Rien n'était plus préjudiciable au développement de l'industrie minérale et aux intérêts de la société.

Il vint un moment où, comme cela arrive souvent, on se jeta dans un excès contraire. L'arrêt de 1698, dans le but de multiplier les extractions des mines de charbon de terre, dont on commençait à apprécier l'utilité, permit aux propriétaires des terrains où elles existeraient de les exploiter sans être obligés de demander des autorisations spéciales. Les inconvénients d'une semblable faculté ne tardèrent pas, à leur tour, à se faire sentir. L'arrêt de 1744

(1) Nous avons déjà traité quelques questions sur le même sujet, dans les *Annales des mines*, tome XII, page 639, et tome XIII, page 749.

révoqua celui de 1698; il statua que nulle exploitation ne pourrait être ouverte dorénavant sans une permission expresse, et ordonna que ceux qui exploiteraient alors eussent à remettre des déclarations contenant l'indication des lieux où étaient situées leurs mines, du nombre des ouvriers employés, etc., pour être statué ensuite ce qu'il appartiendrait. Ces dernières injonctions, renouvelées par l'arrêt du 19 mars 1783, ne furent pas exécutées.

L'assemblée constituante porta son attention sur les mines.

La loi du 28 juillet 1791 posa dans l'article 1er le principe de la concessibilité.

L'article 4 maintint les anciennes concessions, mais ordonna que toutes celles qui excéderaient six lieues carrées y seraient réduites; d'après l'article 5 et l'article 13, l'étendue de chaque concession devait être réglée par les départements sur l'avis des directeurs des districts.

Enfin l'article 25 enjoignit à tous les concessionnaires de remettre aux archives du département un état contenant la désignation de leurs mines.

Mais d'un autre côté cette loi, rendue sous la préoccupation des abus qui avaient été commis au préjudice des propriétaires du sol, ne sut pas faire une distinction nette et précise entre la propriété souterraine et celle de la superficie. Elle voulut concilier deux choses qui s'excluaient mutuellement. Elle ne vit point que les dispositions dictées par l'intérêt isolé du propriétaire du sol porteraient une atteinte funeste à l'intérêt général. Elle ne se contenta pas de réserver à ce propriétaire un droit de préférence; elle lui permit d'extraire librement jusqu'à cent pieds de profondeur, compromettant ainsi par une transaction malheureuse l'avenir de la richesse publique.

Cette loi n'avait maintenu que pour cinquante années les anciennes concessions; elle fixait aussi le terme pour la durée des concessions nouvelles. Elle prononçait en outre la déchéance contre tout ancien concessionnaire dont la concession aurait eu pour objet des mines découvertes et exploitées par les propriétaires du terrain. Ces mines devaient retourner auxdits propriétaires, à moins d'un abandon libre et formel de leur part (art. 6).

Dans le cas où la mine revenait ainsi au propriétaire, celui-ci, quoique la loi ne s'en expliquât point très-positivement, demeurait sans doute tenu comme tous autres

Digitized by Google

de se pourvoir d'une concession pour reprendre et continuer les travaux. Mais on conçoit que sous un ordre de choses où la propriété du sol conservait à l'égard des mines une telle prépondérance, on ne pouvait se montrer très-rigoureux envers les propriétaires exploitants. Un grand nombre d'exploitations non autorisées devaient naturellement se perpétuer au milieu de dispositions si incohérentes.

La loi du 21 avril 1810 vint fonder un régime nouveau et plus régulier. Sans méconnaître ce qui est dû à la propriété du sol, elle n'a considéré la qualité de propriétaire du terrain que comme un des titres que l'on peut faire valoir et non comme un droit pour obtenir une concession de mine. Elle a supprimé la faculté donnée aux propriétaires de la surface, d'exploiter les premières couches du sol. Enfin elle a consacré, mais en termes plus exprès et plus positifs qu'on ne l'avait fait jusqu'alors, le principe qu'aucun gîte minéral qualifié *mine* ne pourrait être exploité sans une concession. En même temps elle a déclaré que les concessions conféreraient à toujours la propriété des mines.

Mais cette loi n'avait pas seulement à statuer pour l'avenir. Elle avait aussi à régler la transition du régime précédent à celui qu'elle venait créer.

Elle devait donc s'occuper des concessions faites sous la loi de 1791 ou instituées antérieurement, mais régularisées conformément à ses prescriptions;

Des concessions pour lesquelles on n'avait point exécuté la loi de 1791, dont les limites n'étaient pas fixées;

Enfin des anciennes exploitations encore existantes, et opérées par des propriétaires ou leurs représentants, qui n'avaient plus, il est vrai, de droits reconnus par la loi, mais dont la jouissance, qui datait d'un autre régime, et avait été tolérée ou même autorisée autrefois par la législation, méritait d'être prise en considération sérieuse.

De là les articles 51 et 53 de la loi de 1810.

Les premières concessions sont maintenues d'une manière absolue. L'article 51 déclare les titulaires, *propriétaires incommutables sans aucune formalité préalable d'affiches, vérifications de terrains ou autres préliminaires*. En effet, pour eux il y avait titre complet : il n'y avait donc plus rien à exiger.

Quant aux concessions non encore régularisées ou aux

Digitized by Google

exploitations opérées sans concession, l'article 53 porte que leurs possesseurs, anciens concessionnaires ou exploitants, *obtiendront les concessions de leurs exploitations actuelles conformément à la loi*, c'est-à-dire en remplissant les formalités qui sont prescrites pour l'institution d'une concession de mine en général, et que *les limites de ces concessions seront fixées sur leurs demandes ou à la diligence des préfets.*

Il existe donc une distinction essentielle entre les deux articles, et c'est sans fondement qu'un ancien exploitant, par exemple, voudrait s'autoriser des dispositions de l'article 51 pour prétendre qu'il est devenu propriétaire incommutable. C'est l'article 53 qu'il peut uniquement invoquer, et il lui impose l'obligation de présenter une demande pour faire fixer les limites de son exploitation et en obtenir la concession. Seulement les anciens exploitants qui obtiennent les concessions de leurs exploitations sont, aux termes dudit article, exemptés, comme les anciens concessionnaires maintenus, de la rétribution établie par la loi au profit des propriétaires de la surface; les conventions qu'ils auraient faites avec les propriétaires devront être exécutées. Ainsi le voulait le principe qu'une loi ne doit point avoir d'effet rétroactif, qu'elle ne peut changer la condition des parties.

L'espèce suivante a donné lieu d'appliquer les règles que nous venons de rappeler.

Les concessionnaires de mines de houille d'Hardinghen, dans le département du Pas-de-Calais, avaient demandé en 1834 une extension de concession sur le territoire de Fiennes qui borne ces mines au nord.

Un projet tendant à leur accorder cette addition de terrains fut présenté en 1836.

L'affaire venait d'être renvoyée au conseil d'état quand une opposition fut produite à la requête de madame de Laborde, se présentant comme propriétaire des mines de Fiennes.

Cette opposition, après avoir été signifiée à la compagnie d'Hardinghen, conformément à l'article 28 de la loi du 21 avril 1810, a été examinée en conseil général des mines.

Madame de Laborde s'appuyait sur ce que ses auteurs ont autrefois exploité les mines de houille de Fiennes en vertu de la permission donnée par l'arrêt de 1698 à tous les

Digitized by Google

propriétaires du sol d'exploiter les mines renfermées dans leurs terrains. Elle exposait que cette exploitation n'avait jamais été abandonnée; que sauf quelques courts intervalles, les travaux étaient restés en activité jusqu'en 1813, époque où le décès de M. Ters, son père, vint les interrompre.

Le conseil des mines a considéré que cette continuité de travaux plaçait madame de Laborde dans la catégorie des anciens exploitants dont fait mention l'article 53 de la loi du 21 avril 1810; qu'aux termes de cet article elle aurait dû, pour obtenir, s'il y avait lieu, la concession de ses exploitations, former une demande qui aurait subi les formalités qu'exige la loi de 1810; mais qu'ayant été devancée dans cette demande par les propriétaires d'Hardinghen, son opposition devait maintenant être regardée comme une demande en concurrence.

Lorsqu'une semblable demande intervient après le délai des affiches d'une première demande en concession, on peut néanmoins, d'après les règles de la matière, surseoir à la concession et procéder à l'instruction de la demande en concurrence, qui alors doit être soumise à toutes les formalités que prescrit le titre IV de la loi du 21 avril 1810 (1). Le conseil des mines a pensé qu'il convenait de procéder à cette instruction. Elle a été ordonnée.

Pendant qu'elle se poursuivait, les mines d'Hardinghen ont changé de propriétaires. Une compagnie, dite la *Société charbonnière de Fiennes*, les a achetées et a déclaré renoncer à l'extension de concession demandée par les précédents concessionnaires.

Madame de Laborde s'est ainsi trouvée seule dans l'instance.

Elle a reproduit dans une nouvelle requête les moyens qu'elle invoquait pour établir ses titres aux mines du domaine de Fiennes. Voici ces moyens : l'un de ses ancêtres, M. de Fontanieu, était propriétaire de ce domaine; le premier il y avait découvert et exploité la houille; l'arrêt du 13 mai 1698 lui a conféré le privilége de concessionnaire en permettant à tous les propriétaires d'extraire les mines de charbon situées sous leurs terrains; l'arrêt de 1744 a modifié cet état de choses; il a replacé les mines

(1) Voir *Annales des mines*, tome XI, page 665.

sous le régime des concessions, mais il ne disposait que pour les nouvelles exploitations à ouvrir ; l'exploitation des gîtes de Fiennes, commencée par M. de Fontanieu, suivie par M. Ters, a continué jusqu'en l'année 1813 ; elle était en activité quand a paru la loi de 1810; la propriété de ces gîtes a été confirmée entre les mains de M. Ters par l'effet des dispositions de l'article 51 de cette loi, et madame de Laborde a hérité de ses titres ; elle est donc propriétaire incommutable ; elle n'a pas besoin d'une concession nouvelle ; il lui suffit d'avoir fait reconnaître la légitimité de sa possession.

Les ingénieurs ont été partagés d'opinion sur ce système.

Dans de premiers rapports, l'ingénieur ordinaire et l'ingénieur en chef ont pensé qu'il n'était pas admissible ; ils ont observé que madame de Laborde ne pouvait invoquer que l'article 53 de la loi ; que cet article ne reconnaissait pas aux anciens exploitants un droit absolu, mais seulement un titre à obtenir la concession de leurs exploitations. Puis, considérant d'un autre côté que le terrain de Fiennes ne pouvait guère par lui-même, à raison de sa situation, constituer une exploitation indépendante de celle des mines d'Hardinghen, ils ont conclu à ce que, sans s'arrêter au désistement des nouveaux propriétaires d'Hardinghen, on les réunît à cette concession, en allouant à madame de Laborde une indemnité pour droit d'invention et pour les travaux opérés par ses auteurs.

Une autre opinion a ensuite été exprimée par le nouvel ingénieur en chef chargé du service de ce département. A ses yeux, madame de Laborde devait être regardée comme propriétaire des mines de Fiennes en vertu de l'arrêt de 1698, et il proposait de déterminer les limites de la concession par application de l'article 53 de la loi de 1810. Subsidiairement, pour le cas où l'on ne reconnaîtrait pas à madame de Laborde la qualité d'ancien concessionnaire, il était d'avis de rejeter la demande et de réserver les gîtes de Fiennes pour en disposer plus tard, après que l'on serait fixé sur la destination la plus convenable à leur donner.

Le préfet adoptait ce dernier avis. Il l'appuyait en outre sur plusieurs considérations tirées de la position de madame de Laborde vis-à-vis de la société de Fiennes, et de motifs qui pouvaient avoir porté cette compagnie à renon

Digitized by Google

cer à la demande des anciens titulaires d'Hardinghen, renonciation qui ne lui semblait pas définitive.

Madame de Laborde a fourni un nouveau mémoire. Il avait pour objet d'établir que la position des parties était telle qu'elle l'avait présentée ; que la renonciation des propriétaires d'Hardinghen à une extension de concession était sérieuse et incontestable ; qu'enfin l'on possédait maintenant la preuve que le terrain de Fiennes renferme du combustible en assez grande quantité pour fournir à une exploitation utile et indépendante.

Les ingénieurs des mines ont été chargés de procéder à de nouvelles vérifications.

Ils ont exposé que, tout bien considéré, ils ne voyaient point d'inconvénients à ce qu'on fît concession des gîtes de Fiennes à madame de Laborde, et qu'elle paraissait effectivement y avoir des titres réels, comme étant aux droits des anciens exploitants, et ayant elle-même fait d'assez grandes dépenses sur les gîtes en travaux de reconnaissance.

Le préfet s'est rangé à cet avis.

L'affaire a été examinée de nouveau par le conseil général des mines.

Il a persisté à penser que madame de Laborde devait être regardée comme placée dans la catégorie des anciens exploitants qui ne se sont pas pourvus en fixation de limites, ainsi que le prescrivait la loi de 1791, et dont les exploitations doivent être délimitées, conformément aux dispositions de l'article 53 de la loi du 21 avril 1810. Il a proposé de faire cette délimitation en y comprenant un certain espace qui se trouve entre la concession de Ferques et celle d'Hardinghen, et qui, sans cela, serait resté forcément sans destination.

L'avis du conseil général des mines a été adopté, et une ordonnance royale du 29 décembre 1840 (1), statuant conformément à ses propositions, *et par application de l'article* 53 *de la loi du* 21 *avril* 1810, a fait concession à madame de Laborde des mines de houille dites de Fiennes, en y ajoutant le petit espace indiqué par le conseil. L'article 4 de l'ordonnance a réglé à une rente annuelle de 10 centimes par hectare, suivant l'offre qui avait été faite par madame de Laborde, la rétribution à payer aux pro-

(1) Voir ci-après, page 811.

Digitized by Google

et qu'ainsi il ne conviendrait pas d'y faire droit avant de l'avoir fait connaître au public.

Sur le fond même, il a pensé qu'il y avait lieu d'interdire toute exploitation sous la ville de Rive-de-Gier, ces exploitations lui paraissant sujettes à trop de dangers.

Le préfet de la Loire a adopté cet avis.

Par un arrêté du 8 mars 1840, il a enjoint aux concessionnaires de cesser immédiatement tous travaux dans cette direction, et par un second arrêté du 12 du même mois, il a rejeté leur demande.

La compagnie des Verchères-Feloin a réclamé contre ces deux arrêtés.

Elle a représenté que ces interdictions lui causeraient un très-grand préjudice; qu'elles ne seraient pas moins nuisibles aux consommateurs; qu'enfin, elles priveraient d'ouvrage un grand nombre d'ouvriers, sans que la sûreté publique commandât un pareil sacrifice, la profondeur de la mine et la méthode d'exploitation par remblais devant, suivant elle, dissiper toutes les craintes.

Le préfet, consulté sur cette réclamation, a conclu au maintien de ses arrêtés; une exploitation sous des lieux habités lui paraissait toujours de nature à inspirer des inquiétudes. Toutefois il ne se dissimulait pas, d'un autre côté, que cette prohibition d'exploiter sous la ville de Rive-de-Gier, aurait de grands inconvénients, en diminuant la masse du travail, en laissant une grande quantité de combustible sans emploi.

L'affaire a été examinée en conseil général des mines.

Il a paru au conseil qu'il y avait lieu d'appliquer ici les règles posées dans l'affaire des mines de Beaubrun. Alors comme aujourd'hui on avait agité cette même question de savoir s'il fallait interdire absolument toute exploitation sous les parties de la ville où s'étendent les concessions. On a reconnu qu'on ne devait point prononcer d'une manière générale cette interdiction; qu'on pouvait bien défendre, dans tel ou tel cas, de pousser des travaux là où il y aurait péril, mais que c'était suivant les circonstances propres à chaque espèce qu'il y avait lieu de statuer par des décisions spéciales et non par une mesure embrassant indistinctement tout un groupe de mines. La loi du 21 avril 1810 ne défend pas d'exécuter des travaux sous des lieux habités; ces travaux n'entraînent pas nécessairement des

Digitized by Google

dangers. Il est des précautions qui peuvent être prises pour prévenir les accidents. D'un autre côté, l'acte de concession donne au concessionnaire le droit d'exploiter dans toute l'étendue de sa concession. L'administration peut lui refuser la permission d'opérer des extractions sur certains points quand la conservation des hommes ou des choses l'exige : la loi a conféré ce pouvoir à l'autorité administrative en la chargeant de veiller à la sûreté publique. Mais il faut que cette interdiction soit motivée sur la réalité d'un danger reconnu. Le concessionnaire est fondé à prétendre que cela doit être constaté pour chaque partie du gîte qu'il veut atteindre ; qu'on ne saurait le priver de son champ d'exploitation, par des mesures préventives qui seraient une véritable expropriation.

Ces considérations, qui avaient déterminé la décision relative aux mines de Beaubrun, dans le bassin de Saint-Étienne, se présentaient ici avec plus de force encore. Le bassin houiller de Rive-de-Gier est beaucoup moins large que celui de Saint-Étienne. Prohiber toute exploitation sous la ville, qui n'a point d'enceinte limitée, sous les maisons, les routes, les usines, les établissements de tout genre dont la vallée est presque couverte, ce serait annuler d'un seul coup toutes les concessions qui ont été instituées dans ce territoire.

Sans doute, s'il n'y avait pas d'autres moyens de garantir la sûreté du sol, on serait bien obligé d'en venir à cette extrémité ; mais heureusement elle n'est point nécessaire. Il suffit que l'autorité prescrive toutes les précautions qui peuvent être prises dans la conduite des travaux et qu'elle interdise ceux-là seulement pour lesquels ces précautions seraient reconnues insuffisantes pour empêcher les accidents. Ce qu'on devait donc uniquement examiner, c'est si les travaux que la compagnie de Verchères-Feloin demande à poursuivre, offrent véritablement des dangers qui ne permettent pas de les laisser opérer. Bien que dans l'acte qui a établi cette concession, instituée sous l'empire de la loi du 28 juillet 1791, il n'ait été stipulé aucune clause relative aux extractions qui seraient à entreprendre sous la ville, sous des routes ou canaux, on aurait certainement le droit d'interdire celles de ces extractions qui seraient de nature à porter atteinte à la solidité de la surface ; ce droit résultait positivement inscrit de la loi de 1791 ;

il a été maintenu par la loi du 21 avril 1810, qui forme aujourd'hui le droit commun des mines. L'article 50 de cette loi impose à l'autorité l'obligation de pourvoir à tout ce qu'exige, en fait de police souterraine, la sûreté des hommes ou des choses. Mais, ainsi qu'on l'observait plus haut, il faut, pour interdire une exploitation sur un point, que le danger de cette exploitation ait été régulièrement constaté, que toutes les parties intéressées aient été mises en demeure de se faire entendre.

A cet égard, les affiches qui avaient eu lieu pour la première demande des concessionnaires des Verchères-Feloin ne pouvaient être regardées comme suffisantes, pour qu'il fût statué sur la seconde demande formée en 1839, et qui concernait toute la partie sud de la concession, tandis que l'autre n'en comprenait qu'une portion. Il devenait donc nécessaire de procéder à une nouvelle enquête.

Quant à l'arrêté du 8 mai 1840, qui enjoignait à la compagnie de cesser provisoirement ses travaux, il convenait de le maintenir jusqu'à la décision sur le fond; c'était une mesure de précaution qui ne préjugeait rien.

Par ces motifs, le ministre des travaux publics a décidé, le 18 septembre 1840, conformément à l'avis du conseil général des mines, qu'il n'y avait point lieu d'interdire par mesure générale, l'exploitation de tout ou partie des gîtes qui s'étendent soit au-dessous de la ville de Rive-de-Gier, soit sous la rivière du Gier, la route royale de Lyon à Saint-Étienne, le canal de Givors ou le chemin de fer;

Que l'on continuerait de prononcer séparément, à l'avenir, sur chaque demande qui serait présentée par des concessionnaires pour obtenir des permissions d'exécuter des travaux de recherches ou d'exploitation dans les parties de leurs concessions qui se prolongent sous ces terrains.

La même décision a maintenu l'arrêté du 8 mai 1840, toutefois avec une modification : l'une des clauses de cet arrêté enjoignait d'inonder les chantiers ouverts. Cette inondation les aurait dégradés, et cela en pure perte, s'il arrivait que plus tard on permît de s'en servir. Il était en outre essentiel que ces chantiers restassent accessibles, durant l'enquête, pour qu'on pût examiner si l'exploitation pouvait y être autorisée sans danger. Il suffisait, pour le moment, d'empêcher que les extractions ne fus-

Digitized by Google

sent poussées plus loin. En conséquence, cette clause a été supprimée et remplacée par une disposition ainsi conçue :

« Jusqu'à ce qu'il ait été statué sur la demande pré-
» sentée par les concessionnaires des Verchères-Féloin, le
» 20 novembre 1839, ces concessionnaires maintiendront
» les eaux de leur mine à la hauteur où elles se trouveront
» au moment de la notification de la présente décision.
» Cette hauteur sera constatée par un procès-verbal de
» l'ingénieur des mines. »

Du reste il a été bien entendu que les choses devaient demeurer en état jusqu'à ce qu'une nouvelle décision eût prononcé relativement à ces mêmes travaux, les eût interdits définitivement, ou autorisés à certaines conditions. L'article 50 de la loi du 21 avril 1810, et l'article 8 de la loi du 27 avril 1838, donnent à l'administration les moyens de pourvoir à ce que le bon ordre et la sûreté publique peuvent exiger. De ce qu'on n'avait pas cru devoir interdire, d'une manière générale, les travaux sous la ville de Rive-de-Gier, il ne s'ensuivait pas que si la sûreté publique venait à être compromise, on dût regarder le mal sans l'arrêter ; en cas de péril imminent, l'exigence autoriserait suffisamment des dispositions extraordinaires. Mais à moins de circonstances exceptionnelles, l'administration, dans les affaires sur lesquelles elle est appelée à prononcer, doit rigoureusement tenir à l'accomplissement des formalités qui ont pour but une exacte appréciation de tous les intérêts et de tous les droits.

Les principes que nous venons d'exposer ont été constamment suivis (1). Ces principes sont conformes au texte

(1) Indépendamment de l'affaire des mines de Beaubrun, rappelée ci-dessus, et de celle dont nous venons de rendre compte, quelques espèces semblables s'étaient déjà présentées antérieurement; elles ont donné lieu à des décisions, différentes quelquefois dans les termes, suivant les circonstances, mais toujours conçues dans le même esprit.

En 1833, un arrêté du préfet de la Loire avait autorisé les concessionnaires de Combes et d'Égarande à prolonger leur exploitation sous une partie de la ville de Rive-de-Gier. Cet arrêté a été, il est vrai, annulé par une décision du ministre de l'intérieur, du 9 septembre 1834. Mais ce n'était pas parce que ces travaux devaient s'étendre sous des lieux habités que cette décision a été

comme à l'esprit de la loi du 21 avril 1810. La question fut agitée dans les discussions qui ont précédé cette loi. Dans la séance du Conseil d'état, du 13 février 1810, M. le comte *Réal* demanda si la prohibition de former des ouvertures à une certaine distance des lieux clos ou des maisons, empêcherait de poursuivre la recherche sous ces lieux, lorsque l'ouverture aurait été pratiquée à la distance prescrite par la loi. M. le comte *Regnaud* (de Saint-Jean-d'Angely) fit observer qu'il devait être permis de suivre le filon dans toutes ses directions ; que les règlements ne l'ont jamais prohibé ; que les accidents sont peu à redouter, parce que les galeries sont à une grande profondeur ; que c'est dans de pareilles circonstances que la surveillance des ingénieurs des mines est nécessaire ; que si on a cru devoir interdire les ouvertures des puits à une certaine distance des maisons, on n'a pas voulu défendre la fouille dans tous les sens ; que c'est ce qui s'est pratiqué dans tous les temps, et qu'aucune réclamation ne s'était élevée contre cet usage. *Napoléon* exprima l'opinion que pour prévenir toute entreprise nuisible, on pourrait astreindre l'exploitant à donner caution (1) toutes les fois qu'un propriétaire craindrait que les fouilles ne vinssent ébranler les fondements de ses édifices, tarir les eaux dont il a l'usage, ou lui causer quelque tort.

M. de Girardin, dans son rapport au corps législatif, a remarqué que la restriction de l'article XI de la loi ne comprend pas les galeries d'écoulement ou d'exploitation que

---

prise : c'est parce que la demande que la compagnie avait formée n'était point régulière, qu'elle n'avait pas été produite par tous les titulaires de la concession pris collectivement, et que cette compagnie formait réellement plusieurs sociétés distinctes. Il fut dit que l'on examinerait ultérieurement si les travaux pourraient être permis sous la ville, en prescrivant certaines conditions pour la sûreté publique, quand la société aurait justifié d'une composition régulière.

En 1836, un autre arrêté du préfet a autorisé les concessionnaires de la mine de houille du Treuil à exploiter sous des terrains situés à l'une des extrémités de la ville de Saint-Étienne. Cet arrêté, nonobstant quelques réclamations dont il fut l'objet, a été approuvé par décision du 22 août 1836, attendu que toutes les formalités avaient été remplies et qu'il était reconnu que la solidité de la surface ne serait en rien compromise.

(1) Cette obligation de donner caution a été écrite dans l'art. 15 de la loi du 21 avril 1810.

Digitized by Google

la disposition des lieux ou de la mine obligerait à prolonger sous terre dans une profondeur telle que la solidité des édifices ne pourrait en être compromise.

Il appartient à l'administration de juger de ce qui est convenable et possible dans les circonstances dont il s'agit. C'est pour satisfaire à tous les intérêts que, dans le cas où les travaux doivent s'étendre sous une ville, ou en général sous des habitations ou édifices, on insère dans les cahiers de charges des concessions un article ainsi conçu : « Dans » le cas où les travaux projetés par les concessionnaires de- » vraient s'étendre sous. . . . . . . ces travaux ne pour- » ront être exécutés qu'en vertu d'une autorisation spéciale » du préfet donnée sur le rapport des ingénieurs des » mines, après que le maire, le Conseil municipal, et » les propriétaires intéressés auront été entendus, et après » que les concessionnaires auront donné caution de payer » l'indemnité exigée par l'article 15 de la loi du 21 avril » 1810. Les contestations relatives soit à la caution, soit à » l'indemnité, seront portées devant les tribunaux et cours, » conformément audit article. — L'autorisation d'exécuter » les travaux pourra être refusée par le préfet, s'il est re- » connu que l'exploitation soit de nature à compromettre » la sûreté du sol, celle des habitants, ou la conservation » des édifices. »

L'extraction des mines serait souvent impossible, il faudrait laisser sans emploi beaucoup de gîtes minéraux précieux pour la société, s'il était interdit de les poursuivre sous des lieux habités, si chaque construction à la surface venait arrêter les travaux des concessionnaires. Aussi la loi n'a-t-elle point fait de telles interdictions. L'on voit au contraire, par ses dispositions, qu'elle a voulu que ces travaux pussent s'opérer, à la charge par l'administration de les surveiller, et qu'il ne doit être question de les interrompre que là uniquement où ils pourraient porter atteinte à la sécurité publique.

MINIÈRES DE FER.

Le maître de forge conserve son droit au partage du minerai, soit que ce minerai se trouve encore dans le terrain, soit qu'il ait été extrait par un

Digitized by Google

autre maître de forge, cessionnaire du propriétaire du sol, ou par ce propriétaire lui-même. Dès que le minerai existe en nature, il doit être réparti entre tous les chefs d'usines du voisinage, en proportion de leurs besoins.

Le propriétaire d'une usine légalement permissionnée a seul qualité pour être admis à ce partage.

C'est au préfet qu'il appartient de régler la délivrance des minerais, en cas de contestation entre un maître de forge et le propriétaire de la minière, comme lorsqu'il y a concurrence entre plusieurs maîtres de forges sur le même fonds.

Le 12 décembre 1837, MM. Pillion et consorts, maintenant représentés par la compagnie des hauts-fourneaux du Nord, avaient obtenu l'autorisation d'établir une usine dans la commune de Saint-Remy, arrondissement d'Avesnes. Au moment d'en commencer la construction, il leur parut plus avantageux de placer cette usine au hameau de Douzies, commune de Maubeuge. Ils présentèrent une demande à cet effet, et la permission leur fut accordée par ordonnance royale du 30 décembre 1839. Longtemps avant que cette ordonnance intervînt, ils avaient traité avec trois propriétaires, MM. Soumillion, Rivière et Lefranc, pour des terrains à mines situés dans les communes de Cerfontaine et de Beaufort : ils y avaient entrepris des extractions. M. Dumont, propriétaire de l'usine de Ferrière-la-Grande, qui exploitait aussi dans ces localités, fit sommation à MM. Soumillion, Rivière et Lefranc, de lui livrer les minerais extraits par la compagnie Pillion. Sur leur refus, il les cita devant le tribunal d'Avesnes, qui, par jugement du 10 août 1837 rendu contre chacun d'eux, les condamna à la délivrance de ces minerais. Ces jugements furent confirmés par arrêts de la cour royale de Douai, des 29 août, 16 et 17 novembre 1838.

En même temps, M. Dumont adressa une demande au préfet pour être autorisé à enlever du minerai qu'il avait extrait antérieurement, dans la commune de Monceau-Saint-Wast, d'un terrain dont MM. Pillion et consorts s'étaient rendus acquéreurs. Il a été rendu compte dans

Digitized by Google

les *Annales* (1) de cette première partie de l'affaire. Par un arrêté du 31 décembre 1836, M. Dumont avait été autorisé à extraire ce minerai, mais cet arrêté avait été annulé pour vice de formes, attendu qu'on n'avait pas mis préalablement les propriétaires du terrain en demeure d'exploiter. Du reste, la décision portait que ces derniers pourraient être tenus de fournir aux besoins de l'usine de Ferrière, s'il était reconnu qu'il y eût lieu à son égard à l'application des articles 59 et suivants de la loi. C'est dans ces circonstances que M. Dumont renouvelait sa première demande.

Elle a été accueillie sur le rapport de l'ingénieur en chef des mines, par un arrêté du préfet du 21 janvier 1839.

MM. Pillion et compagnie se sont pourvus contre cet arrêté, en contestant que l'usine de Ferrière se trouvât dans les conditions voulues pour user de la minière de Monceau-Saint-Wast.

Ils se sont plaints aussi de ce que M. Dumont avait eu recours à l'autorité judiciaire pour se faire allouer du minerai sur les terrains de Cerfontaine et de Beaufort. Et, par deux pétitions des 26 août et 29 novembre 1839, ils ont demandé qu'on leur accordât, à titre de compensation, une certaine quantité des extractions faites par M. Dumont, dans d'autres localités, ou tout au moins qu'on les laissât profiter des minerais qui restaient à exploiter dans ces mêmes terrains de Cerfontaine et de Beaufort.

Le préfet a conclu, ainsi que les ingénieurs des mines, au rejet de ces réclamations.

Il a observé, quant à la minière de Monceau-Saint-Wast, qui faisait l'objet de son arrêté du 21 janvier 1839, qu'à l'époque où M. Dumont avait extrait sur ce terrain et formé ses demandes, MM. Pillion et consorts ne possédaient point encore d'usines légalement permissionnées; que dès lors, bien que la minière leur appartînt, ils étaient obligés, en cette qualité même de propriétaires du sol, de contribuer aux approvisionnements des forges de Ferrière-la-Grande, situées dans le rayon de voisinage.

Relativement aux attributions de minerais faites à M. Dumont, par le tribunal d'Avesnes, ce magistrat

---

(1) 3e série, tome XII, pages 23, 648.

ajoutait que l'autorité judiciaire avait été compétente pour prononcer, attendu qu'au moment du litige, la compagnie Pillion, n'ayant point d'usines autorisées, il n'y avait pas concurrence entre plusieurs maîtres de forges sur un même fonds, et qu'ainsi il ne pouvait être question d'appliquer l'article 64 de la loi.

Il lui paraissait aussi que le préfet a bien la faculté de déterminer les proportions dans lesquelles plusieurs propriétaires d'usines auront droit à l'exploitation d'une minière, mais qu'on ne peut attribuer à l'un d'eux les minerais qui ont été extraits par un autre, quoiqu'ils ne soient pas encore enlevés de dessus la minière; que par conséquent MM. Pillion ne pouvaient être admis à prendre part aux minerais extraits par M. Dumont.

L'affaire a été examinée en conseil général des mines.

Aux termes de l'article 59 de la loi, tout propriétaire de minière ou son cessionnaire est tenu de fournir aux usines du voisinage légalement établies, d'exploiter pour leurs besoins, ou de laisser les maîtres de forges extraire eux-mêmes en payant le prix du minerai.

De plus, d'après l'article 64, tout maître de forge, dans les mêmes conditions, a droit d'entrer au partage du minerai. Et ce droit subsiste soit que le minerai existe encore dans la minière, soit qu'il ait été extrait par le propriétaire ou par un autre maître de forge. En effet, les prescriptions de cet article sont absolues. Elles veulent que tous les maîtres de forges en concurrence sur un même fonds prennent part, en proportion de leurs besoins, à l'exploitation ou à l'achat du minerai. Or, si l'on admettait que du minerai extrait par un maître de forge ne peut plus être délivré à d'autres maîtres de forges, par le motif que sa demande a été antérieure à la leur et qu'il a exploité pour son propre compte, les dispositions de la loi, qui ont eu précisément pour but de pourvoir au roulement de chaque usine, de prévenir les accaparements, seraient facilement éludées. Il suffirait à un maître de forges, pour priver ses voisins d'approvisionnements, pour s'emparer de tout le minerai d'une localité, de se livrer à une exploitation tellement active et étendue qu'en peu de temps il n'en restât plus dans ces minières.

Enfin c'est au préfet, à l'autorité administrative, qu'il appartient dans tous les cas de régler la délivrance des

Digitized by Google

minerais, soit qu'il y ait concurrence entre plusieurs maîtres de forges, soit qu'il ne s'agisse que d'une contestation entre un propriétaire de minière ou son cessionnaire et un maître de forge. Ainsi que nous l'observions dans une publication précédente (1), la servitude imposée aux propriétaires de minières est bornée à la quantité de minerai nécessaire au roulement des usines. C'est le préfet que la loi appelle à faire cette appréciation; c'est toujours lui qui doit, sur le rapport des ingénieurs, donner les permissions d'exploiter ou déterminer la quantité de minerai qui sera délivrée au maître de forge, s'il est exploité par le propriétaire; le règlement des indemnités est seul de la compétence des tribunaux.

Tels étaient les principes dont il s'agissait de faire l'application à l'espèce.

Or, MM. Pillion et compagnie, quoique acquéreurs de la minière de Monceau-Saint-Vast, n'en étaient pas moins tenus, en cette qualité même de propriétaires du sol, de fournir aux usines du voisinage. L'usine de Ferrière se trouvait dans ce rayon de voisinage; ils ne pouvaient donc lui refuser du minerai; seulement ils auraient pu demander à entrer en partage avec M. Dumont, s'ils eussent été à cette époque possesseurs d'une usine légalement permissionnée. Mais ils ne l'étaient pas encore au moment où les demandes de M. Dumont étaient formées.

Quant à leur pétition tendant à ce qu'il leur fût attribué une partie des minerais extraits sur d'autres terrains par le maître de forge, le même motif s'opposait à ce qu'elle fût accueillie. Car, lorsqu'ils ont présenté cette réclamation, leurs hauts-fourneaux n'étaient point autorisés. Un maître de forge peut très-bien entrer en partage du minerai qui a été extrait par un autre maître de forge; mais un semblable partage ne peut être admis lorsque celui qui le sollicite n'est point propriétaire d'une usine légalement permissionnée. Alors, en effet, il est sans qualité pour introduire une demande de cette nature.

De même encore MM. Pillion, avant que l'ordonnance du 30 décembre 1839, qui les a autorisés à construire leur usine au hameau de Douzies, eût été rendue, n'avaient point de titre pour revendiquer le minerai extrait par eux

(1) *Annales des mines*, 3e série, tome XIV, page 709.

Digitized by Google

à Cerfontaine et à Beaufort. Leur demande à cet égard était prématurée.

Enfin, en ce qui concernait les attributions faites à M. Dumont, par les tribunaux, des minerais que MM. Pillion avaient extraits, en 1837, des terrains pour lesquels ils se trouvaient aux droits des propriétaires, elles étaient justes au fond, puisque MM. Pillion, n'étant point à cette époque maîtres de forges, ne pouvaient s'approprier ces minerais, et que les propriétaires du sol ne pouvaient non plus exciper de leur cession pour les refuser à M. Dumont. Mais c'eût été au préfet, non aux tribunaux, à ordonner cette délivrance; comme on l'a observé plus haut, tout est ici du ressort administratif. Il y aurait donc eu lieu dans le temps de revendiquer la cause pour la juridiction administrative. Les délais étant expirés quand l'administration a eu connaissance de ces discussions, le conflit n'a pu être élevé; mais il convenait de réserver le principe pour l'avenir.

Il a été statué en ce sens, conformément à l'avis du conseil général des mines, par une décision du ministre des travaux publics, du 5 octobre 1840, qui a approuvé l'arrêté du préfet, du 21 janvier 1839, et rejeté les réclamations de MM. Pillion et compagnie.

MINIÈRES DE FER.

Tout propriétaire de minière ou son cessionnaire est tenu d'exploiter pour les usines du voisinage légalement permissionnées.

S'il est lui-même maître de forge, il a seulement le droit d'être admis au partage du minerai.

L'ancienneté d'une usine ne confère aucun privilége sur les minières. Toutes les usines ont également droit d'être servies dans la proportion de leurs besoins dès qu'elles sont régulièrement établies, quelle que soit l'époque de leur établissement.

L'espèce suivante a donné lieu entre les mêmes parties à l'application des articles 59 et suivants de la loi, et des

Digitized by Google

règles consacrées par les deux décisions du ministre des travaux publics, des 12 et 30 juin 1837 (1).

M. Dumont avait traité avec un propriétaire de minière dans la commune de Ferrière-la-Grande.

Le 20 novembre 1839, il a déclaré au préfet son intention d'exploiter.

Quelque temps après, la compagnie des hauts-fourneaux du Nord a assigné le propriétaire du terrain pour qu'il fournît du minerai ou qu'il laissât extraire à sa place.

Le propriétaire ayant excipé de la cession qu'il avait faite à M. Dumont, cette compagnie a demandé au préfet l'autorisation d'exploiter elle-même.

Sur le rapport des ingénieurs des mines, le préfet a pris, le 7 février 1840, un arrêté portant que M. Dumont serait tenu de livrer à la compagnie les deux tiers du minerai, et que dans le cas où il préférerait lui laisser les deux tiers du terrain pour qu'elle en fît l'exploitation, le partage serait fait entre eux de gré à gré ou réglé administrativement.

M. Dumont a réclamé contre cet arrêté; il s'est plaint de ce qu'on le privait de minerais qui lui avaient été vendus par le propriétaire du terrain. L'établissement des hauts-fourneaux de la compagnie, ajoutait-il, est récent, et ils n'avaient encore rien produit à l'époque où l'arrêté est intervenu. L'usine de Ferrière est bien plus ancienne; à ce titre elle doit avoir la préférence.

Cette réclamation ne pouvait être admise.

La cession que le propriétaire de la minière avait faite à M. Dumont, ne le dispensait pas de l'obligation de fournir aux besoins des autres forges voisines. La loi est précise. Elle a conféré aux usines régulièrement établies un droit d'usage sur les minières de fer qui sont situées dans leur voisinage. Elle exige que le propriétaire du fonds exploite ou qu'il laisse le maître de forge extraire à sa place. Elle ne s'oppose point à ce qu'il cède à un tiers sa faculté d'exploiter; mais il reste obligé de livrer du minerai aux usines de la localité, et son cessionnaire est tenu de partager avec elles, s'il est lui-même maître de forge (2).

---

(1) *Annales des mines*, 3ᵉ série, tome XI, pages 674 et 678.
(2) *Annales des mines*, tome XII, page 26.

Digitized by Google

Ces dispositions étaient nécessaires pour prévenir le chômage des usines et empêcher *les* accaparements des minerais.

Par les mêmes motifs, le plus ou moins d'ancienneté d'un haut-fourneau ne doit point lui conférer un privilége à l'égard d'une usine plus récente; car cela n'irait à rien moins qu'à entraver l'établissement de toute nouvelle usine et à paralyser l'essor de l'industrie. Toutes ont également droit au minerai dans la proportion de leurs besoins, dès qu'elles sont régulièrement établies. En thèse générale, la loi n'admet point qu'il y ait des cantonnements où certaines usines auraient seules la faculté de s'approvisionner; elle charge le préfet de régler, en cas de concurrence de plusieurs maîtres de forges sur un même fonds, les proportions dans lesquelles chacun d'eux pourra exploiter, ou aura droit à l'achat du minerai s'il est extrait par le propriétaire. Tels sont les principes rappelés dans les décisions des 12 et 30 juin 1837 rappelées plus haut.

Le préfet du Nord les a appliqués ainsi qu'ils devaient l'être, à la contestation sur laquelle il avait à statuer.

La compagnie des hauts-fourneaux du Nord et M. Dumont se trouvaient en concurrence pour une même minière. Chaque usine était à ce moment légalement établie. Celle de la compagnie venait d'être autorisée; elle n'était pas encore en activité, mais il était facile de calculer, d'après sa consistance, ce qui serait nécessaire à son roulement. Les ingénieurs ont fait cette évaluation; ils ont eu égard à la position respective des deux usines, aux diverses ressources qu'elles possédaient. Le préfet a établi, d'après ces bases, la répartition du minerai, et les vérifications qui ont eu lieu ont montré que cette répartition avait été opérée de la manière la plus convenable.

L'arrêté de ce magistrat était donc parfaitement régulier. La réclamation élevée par M. Dumont a en conséquence été rejetée, conformément à l'avis du conseil général des mines, par une décision de M. le ministre des travaux publics, du 18 septembre 1840.

Digitized by Google

MINIÈRES DE FER.

Lorsqu'un maître de forge légalement permissionné demande à extraire du minerai, on ne peut lui imposer l'obligation d'en réserver une partie pour d'autres maîtres de forges du voisinage. Dès que ceux-ci ne réclament pas, le chef d'usine qui exploite a droit à tous les produits de son extraction.

La question de savoir si des minerais sont disponibles est dans tous les cas exclusivement du ressort de l'autorité administrative.

La compagnie des hauts-fourneaux du Nord a présenté, le 25 janvier 1840, une demande tendant à ce qu'il lui fût permis d'employer dans son usine de Douzies, les minerais qu'elle avait extraits de la minière de M. Soumillion, à Cerfontaine, et d'exploiter les autres minerais qui restent encore dans ce terrain.

Cette demande était la reproduction de celle dont nous avons fait mention précédemment. Mais, à la différence de la première, elle était formée à une époque où la compagnie se trouvait propriétaire d'une usine légalement permissionnée, des hauts-fourneaux qu'elle a été autorisée à établir par l'ordonnance royale du 30 décembre 1839.

Notification a été faite à M. Dumont. Il n'a produit aucune réponse.

Le préfet a pensé que ce maître de forge n'en devait pas moins être regardé comme ayant seul droit à tous les minerais de la terre Soumillion, par suite du jugement du tribunal d'Avesnes, du 10 août 1837. Ce jugement attribuait à M. Dumont les minerais qui avaient été extraits de ce terrain par MM. Pillion et compagnie. Il a paru à ce magistrat que cela s'appliquait non-seulement aux extractions déjà faites, mais encore à celles qui pourraient être opérées sur ce même terrain. Il a pensé en outre que la question de savoir si une portion desdits minerais se trouvait disponible à raison de circonstances survenues depuis, était de la compétence de l'autorité judiciaire; et pour le cas où les tribunaux la résoudraient affirmative-

ment, il a pris, le 22 mai 1840, un arrêté qui partageait ce minerai, en attribuant les deux tiers à la compagnie des hauts-fourneaux du Nord et l'autre tiers à M. Dumont.

La compagnie a réclamé contre cet arrêté.

Elle a représenté qu'on y donnait une fausse interprétation au jugement du tribunal d'Avesnes ; que c'étaient les seuls minerais extraits à l'époque du jugement que le tribunal avait attribués à M. Dumont ; que de plus on ne devait point admettre ce dernier à entrer en partage des minerais extraits depuis ou qui restaient à exploiter, puisqu'il n'élevait aucune prétention sur ces minerais.

Cette réclamation était fondée.

Le tribunal d'Avesnes n'avait prononcé que sur les minerais déjà extraits au moment de sa décision. Cela résultait formellement des termes du jugement. C'étaient ces minerais seuls qu'il obligeait MM. Soumillion, et MM. Pillion et compagnie, en qualité de cessionnaires de ce propriétaire, à livrer à M. Dumont. Dans son arrêt confirmatif, du 29 août 1838, la cour royale de Douai avait même énoncé expressément que si des usines établies postérieurement prétendaient que les minerais à fournir excédaient les besoins des usines existantes, les maîtres de forges devraient s'adresser à l'autorité administrative pour faire déterminer les proportions auxquelles chacun d'eux aurait droit.

C'est donc à tort, d'une part, que l'arrêté du 22 mai 1840 prononçait que les minerais extraits de la terre Soumillion, depuis le jugement du 10 août 1837, étaient la propriété de M. Dumont ; que, d'autre part, il renvoyait aux tribunaux la question de savoir si ces minerais pouvaient être alloués à d'autres maîtres de forges. Cette question, ainsi que l'avait reconnu la cour royale de Douai, était exclusivement du ressort de l'autorité administrative ; et même, comme on l'a observé, c'eût été aussi au préfet à statuer à l'époque de la contestation élevée en 1837.

Enfin, c'est cette unique considération que MM. Pillion et consorts n'étaient pas encore en possession d'une usine permissionnée, qui avait fait rejeter leur demande du 29 décembre 1839, relative à la minière de Soumillion ; mais les droits qu'ils n'avaient point alors, ils les ont acquis du moment où leur usine a été permissionnée. La

Digitized by Google

compagnie des hauts-fourneaux du Nord, représentant MM. Pillion et consorts, a pu régulièrement former sa demande du 25 janvier 1840. Propriétaire de forges alors, elle avait qualité pour utiliser les produits des minières à l'égard desquelles elle avait traité avec les propriétaires du sol, et elle ne devait être assujettie qu'à la déclaration prescrite par l'article 59 de la loi, comme étant aux lieu et place de ces propriétaires.

M. Dumont, ou tout autre maître de forge, n'aurait pu être admis à partager ces minerais que s'il eût demandé ce partage. Alors on aurait procédé en exécution de l'article 64 de la loi; mais on ne pouvait l'appeler à jouir de minerais qu'il ne réclamait pas, quoiqu'on lui eût donné communication de la demande de la compagnie, qu'on l'eût mis en demeure de s'expliquer.

Par ces divers motifs, le conseil général des mines a été d'avis qu'il y avait lieu d'annuler l'arrêté du 22 mai 1840. Cette annulation a été prononcée par décision du ministre des travaux publics, du 5 octobre. Il a été en outre énoncé dans la même décision que la compagnie des hauts-fourneaux du Nord pourrait disposer pour son usine des minerais par elle extraits de la minière de M. Soumillion, depuis le 10 août 1837, date du jugement du tribunal d'Avesnes, et qu'elle aurait seulement à se conformer aux prescriptions de l'article 59 de la loi pour l'exploitation des autres minerais que renferme ce terrain.

Digitized by Google

ORDONNANCES DU ROI,

Et décisions diverses concernant les mines, usines, etc.

DEUXIEME SEMESTRE 1840.

Mines d'antimoine de Vieljouve.

Ordonnance du 10 *juillet* 1840, *portant qu'il est fait concession aux sieurs* Pierre-Auguste Daudé, Louis-Antoine-Hippolyte Delapierre, Jean-André Costier et Jules-Alexandre Escalier de Ladevèse, *des mines d'antimoine sulfuré situées près le hameau de* Vieljouve, *arrondissement de* Florac (Lozère).

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Vieljouve*, est limitée ainsi qu'il suit, savoir :

A l'ouest, à partir de la naissance du ravin de Gouards, en suivant la Draye, jusqu'à son point d'intersection avec la limite des communes de Cassagnas et Pont-de-Montvert;

Au nord, suivant ladite limite, puis celle des communes de Montvert et Saint-André de Lancize et Saint-Maurice de Ventalou, jusqu'à la naissance du ravin de Masneuf;

A l'est, suivant le ravin de Mas-neuf jusqu'au chemin de Mas-neuf à Vieljouve, descendant ce dernier et le ruisseau de Faux-lac jusqu'au ravin de Vieljouve;

Au sud, remontant le ravin de Vieljouve jusqu'à sa naissance, aux limites des communes de Saint-André de Lancize et de Cassagnas; de là, par une ligne droite au confluent de Mimente et du ravin de Gouards; de là, remontant jusqu'à sa naissance à la Draye, point de départ.

Digitized by Google

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de cinq kilomètres carrés, seize hectares.

Cahier des charges de la concession des mines d'antimoine de VIELJOUVE.

(Extrait.)

Art. 23. Les concessionnaires ne pourront établir des usines pour la préparation mécanique ou le traitement métallurgique des produits de leurs mines, qu'après avoir obtenu une permission, à cet effet, dans les formes déterminées par les articles 73 et suivants de la loi du 21 avril 1810.

Ordonnance du 4 août 1848, *portant que le sieur* TRUBELLE *est autorisé à établir un haut-fourneau à fondre le minerai de fer, en remplacement de la forge catalane qu'il possède sur un affluent de* LA LÉMANCE, *commune de* BLANQUEFORT, *arrondissement de* VILLENEUVE D'AGEN (Lot-et-Garonne). Haut-fourneau, à Blanquefort.

Ordonnance du 4 août 1840, *portant que les sieurs* HONIAT, frères, *sont autorisés à établir un bocard à quatre pilons ou à cylindre et un patouillet à une huche, pour la préparation du minerai de fer, dans leur propriété, au lieu dit* LE PRÉ GRIGNARD, *sur une dérivation* (rive droite) *du ruisseau de la* VIVOIRE, *commune de* BAILLY-AUX-FORGES, *arrondissement de* VASSY (Haute-Marne). Bocard et patouillet, à Bailly-aux-Forges.

N. B. Ladite ordonnance et celles qui suivent et qui concernent des établissements destinés au lavage du minerai de fer, contiennent des dispositions spéciales relatives à l'épuration des eaux bourbeuses provenant de ces ateliers.

Digitized by Google

Usine à fer, à Dournazac.

Ordonnance du 4 août 1840, *portant que le sieur* Degorsse *est autorisé à conserver et tenir en activité l'usine à fer qu'il possède sur la rivière de* Dronne, *commune de* Dournazac, *arrondissement de* Rochechouart (Haute-Vienne).

Ladite usine demeure composée de deux feux d'affinerie avec machine soufflante et d'un marteau à drome.

Mines de houille de Saint-Laurs.

Ordonnance du 8 *août* 1840, *portant qu'il est fait concession à* M. Jacques-Marie de Nettancourt-Vaubecourt, *de mines de houille situées dans les communes du* Busseau *et de* Saint-Laurs (Deux-Sèvres).

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Saint-Laurs*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord, par une droite tirée du bâtiment le plus au nord de la métairie des Rochers sur le bâtiment le plus au nord de la Relaisière, laquelle ligne prolongée à l'ouest jusqu'à la limite des Deux-Sèvres et de la Vendée ;

A l'ouest, la portion de la limite commune à ces deux départements, comprise entre le point où cette limite est rencontrée par la droite prolongée, menée par les métairies des Rochers et de la Relaisière, et le point de la même limite situé à 190 mètres au-dessus du pont de la Maisonnette ;

Au sud-ouest, trois droites successives menées du point de la limite des deux départements, qui se trouve à 190 mètres au sud du pont de la Maisonnette, sur le bâtiment le plus à l'est de la Rampière ; puis de la Rampière sur l'angle nord-est du bâtiment de la Caumalière le plus à l'ouest, et de la Caumalière sur le bâtiment le plus au sud de la grande fontaine ;

Au sud-est, une droite, longue de 500 mètres, menée de ce même bâtiment de la grande fontaine dans une direc-

Digitized by Google

tion perpendiculaire à la dernière des droites ci-dessus indiquées, celle de la Caumalière à la grande fontaine;

Enfin, *au nord-est*, deux droites tirées successivement de l'extrémité nord-est de la perpendiculaire précédente au point d'intersection des limites des communes de Saint-Laurs et la Chapelle-Thireuil, et de ce point au bâtiment nord de la métairie des Rochers, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de 4 kilomètres carrés, cinquante hectares.

Ordonnance du 28 *août* 1840, *portant qu'il est fait concession au sieur* Jules-Gilbert Delanoue, *de mines de manganèse situées dans les communes de* Thiviers *et d'*Eyzerat, *arrondissement de* Nontron (Dordogne).

Mines de manganèse de Thiviers.

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Thiviers*, est limitée conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord, par une ligne droite menée de l'angle sud du bâtiment le plus méridional du village du bois Saint-Germain, à l'angle sud du bâtiment le plus méridional du village de la Haute-Brugère;

Au nord-est, par une ligne droite menée du point précédent à l'angle sud-ouest de la maison principale du hameau de Chadourgnac;

Au sud-est, par une ligne droite menée du point précédent à l'angle sud-est du bâtiment le plus méridional du village de Laborie, situé sur le bord occidental de la route royale n° 21 de Paris à Baréges;

Au sud-ouest, par deux lignes droites menées du point précédent à l'extrémité du lac de l'*Homme-Mort*, situé au bord du chemin de Ligneux à Thiviers, et de ce dernier point à l'angle sud du village du bois Saint-Germain, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de deux kilomètres carrés, trente-quatre hectares.

Digitized by Google

Cahier des charges de la concession des mines de manganèse de Thiviers.

(Extrait.)

Art. 2. L'exploitation du manganèse ne pourra avoir lieu que par tranchées ouvertes, lorsque l'épaisseur des terres de recouvrement du gîte métallifère n'excédera pas 8 mètres, ou lorsque le nombre, la puissance et la teneur du manganèse des veines de ce gîte s'opposeraient à ce que l'on opérât l'extraction complète par un autre mode de travail.

Art. 3. Les parois des tranchées seront disposées par banquettes ou gradins; dont la hauteur ne pourra excéder $1^m,50$, et qui auront au moins 2 mètres de largeur.

Les tranchées seront remblayées avec les terres stériles au fur et à mesure de l'avancement des travaux, et on les disposera de manière à profiter, pour l'écoulement des eaux, de la pente naturelle du terrain.

Art. 4. Les puits et galeries de passage, d'extraction et d'aérage devront être garnis d'un boisage solide et permanent, quelle que doive être leur durée. Les chambres d'exploitation pourront, lorsque la consistance des parois le permettra, être étayées à l'aide d'un boisage volant. Ce dernier ne sera suffisant qu'autant que les travaux devront être évacués dans les trois mois.

Les débris provenant des fouilles intérieures seront replacés successivement dans les ouvrages excavés, de manière à les remplir complétement, et à permettre l'enlèvement de la plus grande partie du minerai.

Art. 5. Lorsque l'épaisseur des gîtes sera considérable et excédera la hauteur d'une galerie ou chambre, on formera plusieurs étages d'exploitation, en s'élevant successivement de bas en haut, après avoir solidement remblayé les vides inférieurs.

Art. 6. Les travaux seront coordonnés entre eux, de manière que deux puits voisins se servent mutuellement de puits d'aérage, et la distance comprise entre ces deux puits ne pourra excéder vingt-cinq mètres.

Art. 7. Tant qu'il n'aura pas été reconnu que des machines

Digitized by Google

plus puissantes sont nécessaires, on se servira, pour l'extraction et l'épuisement, de treuils garnis d'un axe en fer et portés sur des montants avec jambes et semelles solidement établis.

Art. 8. Tous travaux souterrains sont interdits sous la route royale n° 21 de Paris à Barèges; le concessionnaire ne pourra en outre pratiquer ni puits ni excavations quelconques, à moins de 10 mètres de distance du plan vertical passant par chacune des arêtes longitudinales de cette route, sans, au préalable, en avoir obtenu du préfet la permission laquelle ne lui sera, s'il y a lieu, accordée, qu'après que ce magistrat aura pris l'avis des ingénieurs des ponts et chaussées et des ingénieurs des mines. Cette permission devra d'ailleurs prescrire toutes les mesures de précaution exigées pour prévenir tout accident.

Art. 27. Le concessionnaire ne pourra établir des usines pour la préparation du minerai, qu'après avoir obtenu une permission à cet effet, dans les formes déterminées par les articles 73 et suivants de la loi du 21 avril 1810.

Ordonnance du 28 *août* 1840, *portant que le sieur* MUEL-DOUBLAT *est autorisé à construire sur le ruisseau du* VAL-D'ORMANSON, *commune de* SAINT-JOIRE (Meuse), *un bocard à mines de douze pilons, en remplacement de celui de huit pilons qu'il lui était permis d'établir sur un autre point du même cours d'eau, par l'ordonnance du* 5 *août* 1836.

Bocard à mines, à Saint-Joire.

(Extrait.)

Art. 11. Le bocardage sera interrompu chaque année, à partir du 15 avril jusqu'au 15 octobre suivant; il ne pourra être repris qu'après délivrance, par le maire, d'un certificat constatant que le curage des bassins a été complétement fait.

Ordonnance du 4 *septembre* 1840, *portant que les sieurs* SERRET, LELIÈVRE et compagnie *sont autorisés*

Lavoir à bras, à Marpent.

Digitized by Google

à établir un lavoir à bras pour le lavage du minerai de fer dans la commune de MARPENT, *arrondissement* D'AVESNES (Nord).

(Extrait.)

Art. 13. Le bénéfice de la présente permission n'aura son effet que pour le temps pendant lequel les sieurs Serret, Lelièvre et compagnie auront droit et à la jouissance du terrain sur lequel est situé l'établissement, et à l'usage des eaux empruntées à la Sambre, pour le lavage du minerai.



Mines de fer de Crouanques.

Ordonnance du 7 septembre 1840, *portant qu'il est fait concession au sieur* Jean COSTE, *de mines de fer situées dans la commune de* TAULIS (Pyrénées-Orientales).

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Crouanques*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord-est, par une ligne droite allant de la borne du champ de Toubert marquée A sur le plan cadastral, au point de jonction du ravin Del-Bocs-den-Felin et de la rivière de Taulis ;

Au sud-est, en suivant ladite rivière jusqu'au ravin de Pradagouse ;

Au sud-ouest, en remontant le ravin de Pradagouse jusqu'à sa source, et de là par une ligne droite aboutissant à la fontaine de Fontanils ;

Au nord-ouest, par une ligne droite allant de ladite fontaine à la borne du champ de Toubert, point de départ ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de soixante-treize hectares.

Cahier des charges de la concession des mines de fer de CROUANQUES.

Art. 13. Le concessionnaire sera tenu de fournir autant

que son exploitation le permettra, à la consommation des usines établies ou à établir dans le voisinage avec autorisation légale. Le prix des minerais sera alors fixé de gré à gré ou à dire d'experts, ainsi qu'il est indiqué en l'art. 65 de la loi du 21 avril 1810 pour les exploitations de minières de fer.

Art. 14. En cas de contestation entre plusieurs maîtres de forges, relativement à leurs approvisionnements en minerai, il sera statué par le préfet, conformément à l'art. 64 de la même loi.

Art. 26. Le concessionnaire ne pourra établir des usines pour la préparation mécanique ou le traitement métallurgique des produits de ses mines qu'après avoir obtenu une permission à cet effet, dans les formes déterminées par les art. 73 et suivants de la loi du 21 avril 1810.

Ordonnance du 7 septembre 1840, portant que le sieur de Tricornot *est autorisé à établir vingt lavoirs à bras, pour la préparation du minerai de fer, dans sa propriété située commune de* Saulles (Haute-Marne).

Lavoirs à bras, à Saulles.

Ordonnance du 19 septembre 1840 qui autorise la société dite des mines de Bully *et* Fragny-sur-Loire, *à poursuivre et à ouvrir des travaux de recherche et de reconnaissance de mines de houille, au territoire de* Fragny, *commune de* Bully (Loire).

Recherche et reconnaissance de mines de houille, à Bully.

Louis-Philippe, etc.

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'état des travaux publics ;

Vu la demande formée, le 6 novembre 1838, par les sieurs d'Asda et consorts, tendant à obtenir la permission de poursuivre des recherches de houille au territoire de Fragny, commune de Bully, département de la Loire ;

Le plan et le projet de travaux y joint ;

Le mémoire fourni par cette compagnie, le 12 décem-

Digitized by Google

bre 1839, annonçant qu'elle s'est définitivement constituée sous le nom de Société des mines de Bully et Fragny-sur-Loire ;

Les actes extra-judiciaires des 14 novembre 1838, 13 et 20 février 1840, constatant les notifications de la demande aux propriétaires du sol ;

L'opposition signifiée le 13 mars 1840, à la requête du sieur de l'Espine, l'un de ces propriétaires ;

La réclamation formée, le 23 mai, par le sieur Marnier, et sa lettre du 30 du même mois ;

Les rapports de l'ingénieur en chef des mines, des 8 novembre et 15 décembre 1838 et 4 mai 1840 ;

Les avis du préfet de la Loire, des 5 janvier 1839 et 9 mai 1840 ;

L'avis du conseil général des mines, des 22 juillet et 5 août 1840 ;

Vu l'article 10 de la loi du 21 avril 1810 ;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. La société dite des mines de Bully et Fragny-sur-Loire, dont les statuts ont été dressés par acte notarié des 22 et 23 juin et 2 juillet 1838, est autorisée à poursuivre et à ouvrir des travaux de recherches et de reconnaissance de mines de houille au territoire de Fragny, commune de Bully, département de la Loire, dans diverses pièces de terre figurées au plan ci-annexé, savoir :

1° Dans les pièces nos 654, 859 et 869, qui sont possédées en commun par les héritiers de Benoît Denis et par le sieur de l'Espine ;

2° Dans les pièces nos 845, 846 et 847, qui appartiennent au sieur Benoît Chabry.

Art. 2. Lesdites recherches et travaux de reconnaissance consisteront dans les ouvrages ci-après, savoir :

1° L'ouverture par le puits des Glandes, et à 65 mètres de profondeur, d'une galerie à travers bancs, dirigée vers le nord-ouest et destinée à recouper, dans la région inférieure, la couche déjà traversée par ledit puits dans la région supérieure ;

2° L'ouverture de galeries d'allongement et de pente dans cette partie inférieure de la couche ;

3° L'ouverture d'un puits vertical sur la pente de la même couche, dans la pièce n° 839.

Ce puits ne sera ouvert que si les galeries mentionnées au paragraphe précédent en font reconnaître la nécessité ;

4° La remise en état du puits du Cerisier ;

5° L'ouverture, dans les gîtes traversés par ce puits, de galeries d'allongement et de pente ;

6° Enfin, l'ouverture d'un puits vertical au point B (pièce n° 654), et de galeries de reconnaissance dans les gîtes que ce puits pourra faire découvrir.

Art. 3. Le préfet, sur le rapport de l'ingénieur en chef, et après avoir entendu le fondé de pouvoir de la société, prescrira, s'il y a lieu, l'ouverture du puits autorisé par le paragraphe 3 de l'article précédent, et déterminera le nombre ainsi que les dimensions des galeries, tant d'allongement que de pente, qui seront à ouvrir, en exécution des paragraphes 2, 5 et 6.

Art. 4. Dans aucun cas, la société ne pourra ouvrir de travaux d'exploitation proprement dits.

Art. 5. Avant de continuer ou de commencer les travaux présentement autorisés, la société permissionnaire payera, aux propriétaires de la surface, les indemnités qui pourront leur être dues, à raison de l'occupation de leurs terrains.

Art. 6. A défaut d'accord entre les parties, lesdites indemnités seront déterminées par le conseil de préfecture, d'après le mode établi par les articles 56 et 57 de la loi du 16 septembre 1807, et en suivant les règles prescrites par les articles 43 et 44 de la loi du 21 avril 1810.

Art. 7. A défaut de conventions amiables entre les permissionnaires et les propriétaires du sol, la société payera, en outre, aux propriétaires des terrains dans lesquels les recherches et travaux de reconnaissance seront poursuivis, une redevance en nature ou en argent pour le droit afférent à ces propriétaires sur les produits qui seraient obtenus des fouilles. Cette redevance sera égale au vingtième du produit brut, quelles que soient l'épaisseur du gîte houiller et la profondeur des travaux. Elle sera payée, au fur et à mesure de l'extraction, aux propriétaires des terrains fouillés, et tant que l'exploration aura lieu sur leurs fonds.

Art. 8. La durée de la présente permission est fixée à deux ans, à partir du jour du règlement des indemnités spécifiées à l'article 5 ci-dessus.

Les travaux mentionnés en l'article 2, paragraphes 1 et 4, devront être mis en activité dans le délai de trois mois, à dater du même jour.

Digitized by Google

L'époque du commencement des autres travaux mentionnés au même article sera fixée par le préfet.

Une fois entrepris, les divers travaux devront être poursuivis sans interruption.

Art. 9. Dans le délai d'un mois, à dater de la notification de la présente ordonnance, la société permissionnaire désignera, par une déclaration authentique faite au secrétariat de la préfecture, celui de ses membres ou toute autre personne à qui elle aura donné les pouvoirs nécessaires pour correspondre en son nom avec l'autorité administrative, et, en général, pour la représenter vis-à-vis de l'administration tant en demandant qu'en défendant.

Art. 10. En exécution de l'article 25 du décret du 3 janvier 1813, elle ne pourra confier la direction de ses travaux qu'à une personne qui aura justifié, par devant l'administration, d'une capacité suffisante pour les bien conduire.

Art. 11. Ladite société demeure tenue de se conformer aux lois et règlements sur les mines, ainsi qu'aux instructions qui lui seront données par les ingénieurs du département pour tout ce qui concerne la sûreté du sol et celle des ouvriers.

Art. 12. La présente permission ne préjuge rien sur le choix qui pourra être fait d'un concessionnaire pour les gîtes houillers susceptibles d'être exploités sur le territoire de Fragny.

Elle pourra être révoquée en cas d'inexécution des conditions ci-dessus prescrites.

Elle cessera de plein droit si la concession est accordée avant le terme fixé par l'article 9.

Art. 13. La présente ordonnance sera notifiée aux propriétaires du sol, dans le délai d'un mois, à la diligence du préfet et aux frais des permissionnaires.

Art. 14. Notre ministre secrétaire d'état des travaux publics est chargé de l'exécution de la présente ordonnance.

Mines d'antimoine de Malbosc.

Ordonnance du 19 *septembre* 1840, *qui accorde aux sieurs* Louis-Joseph *et* Louis-Charles-Henry Pagèse de Lavernède, père *et* fils, *propriétaires des mines d'antimoine de* Malbosc (Ardèche),

Digitized by Google

concédées par ordonnance du 16 *janvier* 1816, *une extension délimitée ainsi qu'il suit :*

A partir du clocher de Malbosc, par une ligne droite menée à la Fermigère, et ensuite par la route départementale de Villefort à Saint-Ambroix, jusqu'à son intersection avec la limite du département du Gard (ces deux lignes forment la limite ouest de l'ancienne concession de Malbosc), de ce point de rencontre par la limite des deux départements en la suivant vers l'ouest jusqu'au ruisseau des Cades; puis, par ledit ruisseau, en le remontant jusqu'à son intersection avec la route départementale de Saint-Ambroix à Villefort; par ladite route jusqu'au mur du Callet; par une ligne droite du Mas de Collet à l'angle sud-ouest du hameau de Chabanne, et de ce dernier point par une ligne droite jusqu'au clocher de Malbosc, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de deux kilomètres carrés, vingt hectares, laquelle formera avec l'ancienne concession de Malbosc, une concession unique qui ne pourra être partagée sans l'autorisation du gouvernement.

Cahier des charges de la concession des mines d'antimoine de MALBOSC.

(Extrait.)

Art. 24. Les concessionnaires ne pourront établir des usines pour la préparation métallurgique des produits de leurs mines, qu'après avoir obtenu une permission à cet effet, dans les formes déterminées par les articles 73 et suivants de la loi du 31 avril 1810.

Ordonnance du 19 *septembre* 1840, *portant que M. le comte* Octave DE BOISSY *est autorisé à remplacer par une usine à fer le moulin à blé de Reblay, établi sur la rivière de la* THÉOLS, *commune de* SAINTE-LIZAIGNE (Indre).

Usine à fer, à Sainte-Lizaigne.

(Extrait.)

Art. 2. La consistance de cette usine est et demeure fixée ainsi qu'il suit, savoir :

Un haut-fourneau à fondre le minerai de fer avec un atelier de moulage;

Deux foyers d'affinerie;

Et les souffleries et autres machines à comprimer nécessaires.

Art. 8. Le permissionnaire sera tenu de curer au moins une fois par an, dans le mois de septembre ou octobre, le lit de la rivière au-dessus de l'usine jusqu'au moulin de la Billauderie, et d'enlever les herbes qui pourraient l'obstruer.

Et faute par lui d'avoir fait opérer ce curage avant le 1er novembre, il sera exécuté à ses frais et à la diligence du préfet.

Usine à fer, à Clerjus.

Ordonnance du 19 *septembre* 1840, *portant que les sieurs* DE BUYER *et* HILDEBRAND *sont autorisés à établir dans la commune de* CLERJUS (Vosges), *un feu d'affinerie pour le fer et deux laminoirs, sur la rivière de* SEMOUZE, *en aval de la forge du même nom, au confluent de cette rivière et du ruisseau du* ROUILLÉ.

Patouillet, à Poix.

Ordonnance du 3 *octobre* 1840, *portant que le sieur* GENDARME *est autorisé à conserver et maintenir en activité les deux patouillets pour le lavage du minerai de fer, qu'il possède dans la commune de* POIX (Ardennes), *l'un au lieu dit* LA FOSSE-AUX-PÊCHEURS, *et l'autre au moulin* SIMONET.

(Extrait.)

Art. 18. L'opération du lavage sera interrompue chaque année à partir du 15 avril jusqu'au 15 octobre

Digitized by Google

suivant, et elle ne pourra être reprise qu'après délivrance par le maire, d'un certificat constatant que le curage des bassins d'épuration a été complétement fait.

Art. 21. Il (le sieur Gendarme) entrera pour la part qui sera fixée ultérieurement par l'administration dans les frais de curage de la rivière de Vence, dont l'envasement a été produit en grande partie par le lavage des minerais de fer.

Ordonnance du 4 octobre 1840, *qui autorise le sieur* Antoine Mabru *à opérer des recherches de minerai de bitume et à construire des baraques en planches pour abriter les ouvriers, dans la forêt de* Haguenau (Bas-Rhin), *possédée indivisément par* l'État *et par la commune de* Haguenau.

Recherches de minerai de bitume dans la forêt de Haguenau.

Louis-Philippe, etc.

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'état des travaux publics,

Vu la demande formée, le 20 décembre 1838, par le sieur Antoine Mabru, ayant pour objet de faire des recherches de minerai de bitume dans la forêt de Haguenau, possédée indivisément par l'État et par la commune, et d'y établir des baraques pour abriter ses ouviers;

La délibération du conseil municipal de Haguenau, du 16 mars 1839, contraire à cette demande;

Les observations du sieur Mabru, des 16 et 17 juillet 1839;

Le procès-verbal de reconnaissance rédigé par le garde général des forêts, le 25 septembre;

L'avis de l'inspecteur des forêts, du 22 novembre;

Le rapport de l'ingénieur des mines, du 10 décembre;

L'avis du préfet du Bas-Rhin, du 27 du même mois;

L'avis du directeur général de l'administration des forêts, du 14 février 1840;

L'avis du conseil général des mines, du 12 août;

Vu l'art. 10 de la loi du 21 avril 1810 et l'art. 152 du Code forestier;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. Le sieur Antoine Mabru est autorisé à opérer

Digitized by Google

des recherches de minerai de bitume par sondages, dans la forêt indivise de Haguenau, dans l'étendue comprise entre la route de Strasbourg à Sourbourg et les deux ruisseaux de Bicberbach et Sanerbach jusqu'à leur confluent.

Art. 2. Il est aussi autorisé, suivant la demande qu'il en a faite, à construire des baraques en planches pour abriter les ouvriers employés aux recherches, soit dans la partie du sol de la forêt ci-dessus indiquée, soit en dehors de ladite forêt et à moins de 1.000 mètres de la lisière.

Art. 3. Dans aucun cas il ne pourra ouvrir de travaux d'exploitation avant d'avoir obtenu, s'il y a lieu, une concession, conformément à la loi du 21 avril 1810.

Art. 4. Avant le commencement des recherches, il sera dressé par les agents forestiers procès-verbal de l'état des lieux où les travaux devront être établis.

Art. 5. Quand les fouilles seront abandonnées sur un point, le sieur Mabru devra immédiatement niveler et repiquer le terrain, à ses frais, en jeunes plants de l'essence qui lui aura été indiquée par l'administration forestière. Cette opération s'effectuera sous la surveillance du garde général.

Art. 6. Si l'établissement des baraques construites en vertu de l'art. 2 ci-dessus venait à être reconnu préjudiciable au sol forestier, le sieur Mabru sera tenu de les démolir sur la sommation extra-judiciaire qui lui en sera faite par l'autorité administrative.

Art. 7. Il payera chaque année au domaine de l'État et à la commune de Haguenau, propriétaire du sol, les indemnités dues pour les dommages qu'occasionneraient les travaux de recherches. Ces indemnités seront fixées conformément aux règles prescrites par les articles 43 et 44 de la loi du 21 avril 1810.

Art. 8. Il sera civilement responsable des délits commis dans la forêt par les ouvriers et des dégâts causés par les animaux employés au transport des matériaux. Cette responsabilité s'étendra à la distance déterminée par l'art. 31 du Code forestier.

Art. 9. La durée de la présente permission est fixée à deux années, à partir du jour de la notification qui en aura été faite au permissionnaire.

Art. 10. Le sieur Mabru ou ses ayants cause devront se conformer, pour la conduite des travaux, aux lois et règlements sur les mines, ainsi qu'aux instructions qui lui

Digitized by Google

seront données par le préfet, sur le rapport de l'ingénieur des mines.

Art. 11. En cas d'inaction dans les travaux, sans cause reconnue légitime, ou de contraventions qui seraient de nature à compromettre la sûreté publique ou celle des ouvriers, ou d'infractions aux dispositions ci-dessus prescrites, la permission pourra être révoquée sur la proposition du préfet et l'avis de l'ingénieur des mines, le permissionnaire ayant été entendu.

Elle cessera de plein droit, si la concession est accordée avant le terme fixé par l'art. 9.

Art. 12. L'autorisation donnée au sieur Mabru ne préjuge rien sur le choix qui pourra être fait d'un concessionnaire pour les gites de minerai de bitume que les travaux de recherches auraient fait découvrir.

Art. 13. Nos ministres secrétaires d'état aux départements des travaux publics et des finances sont chargés, chacun en ce qui les concerne, de l'exécution de la présente ordonnance.

Ordonnance du 4 *octobre* 1840, *portant que les sieurs* ROLAND, frères, *sont autorisés à faire rouler, au moyen du bois ou du charbon de bois, le haut-fourneau qu'ils possèdent sur le territoire de la commune de* RANCIER (Haute-Saône). **Haut-fourneau de Rancier.**

Ordonnance du 30 *octobre* 1840, *portant qu'il est permis au sieur* CHANLAIRE, *propriétaire du haut-fourneau établi en vertu de l'ordonnance du* 23 *avril* 1837, *dans la commune de* BROUSSEVAL, *arrondissement de* VASSY (Haute-Marne), *d'employer une roue hydraulique pour donner le mouvement à la soufflerie de ce haut-fourneau.* **Haut-fourneau de Brousseval.**

Ordonnance du 2 *novembre* 1840, *portant que les sieurs* ACCARIER *et* DUFOURNEL *sont autorisés à établir trois lavoirs à bras pour le lavage du mine-* **Lavoirs à bras, à Renaucourt,**

Digitized by Google

rai de fer dans leur propriété, commune de RENAUCOURT, *arrondissement de* GRAY (Haute-Saône).

Haut-fourneau, à Trois-Fontaines.

Ordonnance du 29 *novembre* 1840, *portant que le sieur* ROUSSEL *est autorisé à établir un haut-fourneau pour la fusion du minerai de fer, en remplacement du moulin qu'il possède sur le ruisseau de* TROIS-FONTAINES, *dans la commune de ce nom* (Marne).

Mines de houille sèche des Vaux.

Ordonnance du 20 *décembre* 1840, *portant qu'il est fait concession aux sieurs* Charles Victor GUIRARD *et* Pierre LEYDET, *de mines de houille sèche, situées dans les communes de* MONTAUROUX *et de* TANNERON (Var).

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession des Vaux*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord, par une ligne droite tirée de l'intersection des ruisseaux des Vaux et de Briançon, à l'angle nord-ouest de la Bastide de Ricard, dit le muletier;

A l'est, par une ligne droite tirée de la Bastide de Ricard au sommet de la montagne de Castellaras, mais arrêtée au point où elle coupe une ligne droite menée du pilon de Calian au sommet de Pardoux; cette dernière ligne formant la limite nord-est de la concession dite de Fréjus-nord, instituée par ordonnance royale du 30 août 1823;

Au sud-ouest, par la ligne droite qui joint le pilon de Calian au sommet de Pardoux, depuis le point où elle coupe la ligne droite désignée ci-dessus, jusqu'à celui où elle rencontre une autre ligne droite menée du point où le ravin des Aures se jette dans le Beyran, à l'intersection du chemin des Planes avec celui de Montauroux à Fréjus;

A l'ouest, par cette dernière ligne, depuis le point où elle coupe la ligne menée du pilon de Calian au sommet de Pardoux, jusqu'à l'intersection des deux chemins désignés ci-dessus; puis par une autre ligne droite menée de cette intersection à celle des ruisseaux des Vaux et de Briançon, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de cinq kilomètres carrés, dix-sept hectares.

Ordonnance du 20 *décembre* 1840, *portant qu'il est fait concession à* M. Jean-Pierre VEYRAT, *de mines d'anthracite situées dans la commune du* MONT-DE-LANS (Isère).

Mines d'anthracite de la Mollière.

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession qui prendra le nom de *concession de la Mollière*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord, par une ligne droite menée du lieu de la Posette, situé au point A, au rocher Paloux désigné par la lettre B, et de ce dernier point par une autre ligne droite aboutissant au point C, jonction des chemins de la Mollière à Malconiet et à Bons;

A l'est, par le chemin de la Mollière à Malconiet, depuis celui qui conduit à Bons, point C jusqu'au chemin du Malconiet au Ponteil, point D;

Au sud, par une ligne droite partant dudit point D, jonction des chemins de Malconiet à la Mollière et au Ponteil, et joignant le point D, intersection du ruisseau de la Fauris avec le chemin du Bravet à Malconiet;

A l'ouest, par une ligne droite menée dudit point d'intersection à la Posette, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de vingt-deux hectares quarante ares.

Art. 6. Il livrera aux habitants de la commune du Mont-de-Lans, la quantité d'anthracite nécessaire à leur chauffage, à un prix qui pendant les cinq premières années, ne pourra excéder 75 centimes pour cent kilogrammes.

Au bout de cinq ans, le prix ci-dessus fixé sera révisé

Digitized by Google

et réglé de nouveau par le préfet du département, sur le rapport des ingénieurs des mines, après que le concessionnaire et le conseil municipal auront été entendus. Une révision semblable aura lieu, dans les mêmes formes, de cinq en cinq années.

Usine à fer, à Sommevoire.

Ordonnance du 20 décembre 1840, portant que le sieur Viry *est autorisé à établir une usine composée d'un haut-fourneau pour la fusion du minerai de fer, d'un bocard à huit pilons, d'un patouillet à deux huches près du moulin dit* le moulin neuf, *sur la rivière de* Voire, *dans la commune de* Sommevoire, *arrondissement de* Vassy (Haute-Marne), *laquelle usine avait été autorisée par l'ordonnance du 27 mai 1836, dans la même commune près du moulin de* la Roche.

Que le sieur Viry *est en outre autorisé à établir dans l'enceinte de cette usine un four à puddler, une chaufferie champenoise et les machines de compression nécessaires à la fabrication du fer.*

L'art. 2 de ladite ordonnance porte que le four à puddler et la chaufferie champenoise ne pourront consommer que du combustible minéral.

Usine à fer de Pissac.

Ordonnance du 20 décembre 1840, portant que M. Auconsul *est autorisé à ajouter à la forge de* Pissac *qu'il possède sur le ruisseau de* Sarette, *commune de* Beyssenac, *arrondissement de* Brive (Corrèze) :

1° Un haut-fourneau à fondre le minerai de fer ;
2° Un lavoir à bras pour la préparation du minerai ;
3° Un bocard pour les laitiers.

Digitized by Google

Ordonnance du 20 décembre 1840, portant que les sieurs LABBÉ frères *et* LEGENDRE, *propriétaires du haut-fourneau de* GORCY, *sont autorisés à construire, près de ce haut-fourneau et sur le territoire de la commune de* COSNES (Moselle), *une usine à fer destinée à l'affinage de la fonte et à la fabrication du fer, mise en mouvement par trois machines à vapeur, dont les chaudières seront chauffées par la flamme perdue du haut-fourneau et des deux foyers d'affinerie.* Usine à fer, à Cosnes.

Cette usine sera composée :
1° De trois feux d'affinerie au charbon de bois ;
2° D'un four à reverbère de chaufferie ;
3° Des machines de compression nécessaires à la fabrication des fers de divers échantillons.

Ordonnance du 20 décembre 1840, portant que les sieurs RAUX *frères sont autorisés à établir une usine à fabriquer la tôle de fer, qui sera composée de trois feux de chaufferie dans lesquels ils ne pourront brûler que de la houille, et des laminoirs nécessaires, sur la rivière d'*AISNE, *auprès du moulin qu'ils possèdent dans la commune de* FALAISE, *arrondissement de* VOUZIERS (Ardennes). Usine à fer, à Falaise.

Ordonnance du 20 décembre 1840, portant que le sieur HENRY, *propriétaire du haut-fourneau de* MATTON, *est autorisé à établir, pour le service de ce haut-fourneau, deux lavoirs à bras pour le lavage du minerai de fer, au lieu dit* LE PAQUIS, *commune de* VILLERS-DEVANT-MOUZON (Ardennes). Lavoirs à bras, à Villers-devant-Mouzon.

Digitized by Google

Lavoir à bras, à Villers-devant-Mouzon.

Ordonnance du 20 décembre 1840, portant que le sieur Henry, *propriétaire du haut-fourneau de* Matton, *est autorisé à établir, pour le service de ce haut-fourneau, un lavoir à bras pour le lavage du minerai de fer sur le ruisseau de la* Pisselotte, *commune de* Villers-devant-Mouzon (Ardennes).

Lavoir à bras, à Marcq et Chevières.

Ordonnance du 20 décembre 1840, portant que le sieur Vivenot-Lamy *est autorisé à établir un lavoir à bras pour la préparation du minerai de fer sur les eaux de la fontaine* Marné, *dans la commune de* Marcq *et* Chevières (Ardennes).

(Extrait.)

Art. 15. La présente permission n'est valable que pour la durée des conventions existantes entre le permissionnaire et les propriétaires du sol. Il n'est rien préjugé sur la manière dont, à l'expiration desdites conventions, cette permission pourra, s'il y a lieu, être renouvelée ou accordée à d'autres.

Elle ne préjuge rien non plus sur les droits que la commune de Marcq et Chevières pourrait avoir à l'usage des eaux de la fontaine Marné.

Mines d'anthracite de Côte-Olivière.

Ordonnance du 25 décembre 1840, portant qu'il est fait concession au sieur Jean-François Queyras, *de mines d'anthracite, situées dans la commune de l'*Argentière (Hautes-Alpes).

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Côte-Olivière*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord, par une ligne droite partant de l'angle nord-est de la maison de l'Eyrette et joignant le sommet du rocher dit Combas des Feuilleras ;

A l'est, par une ligne droite tirée du rocher de Combas

Digitized by Google

des Feuilleras, au pont situé sur le torrent du Fournel, et de ce pont, par une autre ligne droite, joignant la fontaine dite source Sainte-Anne;

Au sud, par une ligne droite menée de la source Sainte-Anne, au sommet du rocher de l'Eyrette;

Enfin à l'ouest, par une ligne droite tirée du sommet dudit rocher, à l'angle nord-est de la maison de l'Eyrette, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de cinquante-six hectares, soixante-cinq ares.

Art. 6. Le concessionnaire sera tenu de livrer aux habitants de la commune de l'Argentière, l'anthracite nécessaire à leurs usages domestiques, au prix de 40 centimes par quintal métrique, sur le lieu d'extraction.

Au bout de cinq années et successivement de cinq en cinq ans, ce prix pourra être modifié par le préfet, quoique toujours maintenu au-dessous du prix courant, et ce, sur la demande d'une des parties intéressées et le rapport de l'ingénieur des mines, et dans tous les cas, après que le concessionnaire et le conseil municipal auront été entendus.

Ordonnance du 25 décembre 1840, portant qu'il est fait concession aux sieurs Pierre-Auguste Daudé, Pierre Larguier *et* Jules-Alexandre-Joseph Escalier de Ladevèse, *de mines d'antimoine sulfuré, situées dans les communes de* Saint-Germain-de-Calberte, Saint-André-de-Lancize, Saint-Privat-de-Vallongue *et* Cassagnas (Lozère).

Mines d'antimoine sulfuré du Rouve et de Solpéran.

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession du Rouve et de Solpéran*, est limitée conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir:

A l'ouest, à partir du point A, intersection des limites des trois communes de Saint-Maurice-de-Ventalon, Saint-Privat-de-Vallongue et Saint-André-de-Lancize, par une ligne droite tirée au point B, où le chemin de Vieljeuf à Rouve est coupé par le ravin de Vieljeuf; de ce

Digitized by Google

point, descendant le ravin de Vieljeuf et le ravin de Vieljouve jusqu'à la rivière de Mimente, au point C;

Au sud, par la rivière de Mimente en la remontant jusqu'au confluent des deux Mimente, point D; de ce point, par une ligne droite tirée à l'angle de la Vergnasse, point E, et par une autre ligne droite tirée au col du Trescol des Abels, point F;

A l'est, du Trescol des Abels, en suivant le chemin de Rouve jusqu'à la Draye, qui sert de limite aux communes de Saint-André et de Saint-Privat, suivant ladite Draye jusqu'au point d'intersection de plusieurs chemins, entre autres du chemin de Rouve, point G; de là, par une ligne droite allant au point d'intersection du chemin des Canarilles avec la limite des deux communes de Saint-Privas et de Saint-Maurice, point H;

Au nord, par ladite limite des communes de Saint-Privat et de Saint-Maurice, jusqu'à la rencontre de la limite de Saint-André, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de douze kilomètres carrés, vingt-six hectares.

Cahier des charges de la concession des mines d'antimoine du Rouve et de Solpéran.

(Extrait.)

Art. 24. Les concessionnaires ne pourront établir des usines pour la préparation mécanique ou le traitement métallurgique des produits de leurs mines, qu'après avoir obtenu une permission à cet effet, dans les formes déterminées par les articles 73 et suivants de la loi du 21 avril 1810.

Usine à fer, à Rugles.

Ordonnance du 25 décembre 1840, portant que M. le comte Roy *et M*[me] *la comtesse d'*Albon *sont autorisés à ajouter à la forge qu'ils possèdent sur la rivière de* Rille, *dans la commune de* Rugles (Eure), *une usine à fer qui sera composée de 4 fours à reverbère et des cylindres nécessaires à la fabrication des fers de petit échantillon.*

Digitized by Google

Ordonnance du 25 décembre 1840, portant que le sieur Laforge *est autorisé à établir, dans la commune de* Theys (Isère), *une taillanderie mise en jeu par les eaux dérivées des torrents de la* Coche *et du* Merdaret. Taillanderie, à Theys.

L'article 3 de ladite ordonnance porte que le permissionnaire ne pourra, ainsi qu'il s'y est engagé, consommer dans son usine plus de 80 charges de bois, du poids de 75 kilogrammes l'une.

Ordonnance du 25 décembre 1840, portant que la dame Henry, veuve Berchet, *et le sieur* Moris, *sont autorisés à établir un patouillet à une seule huche, pour la préparation du minerai de fer, sur la tête d'eau du moulin, dit* du bas, *qu'ils possèdent sur la rivière de* Vingeanne, *dans la commune de* Dommarien (Haute-Marne). Patouillet, à Dommarien.

Ordonnance du 28 décembre 1840, portant qu'il est fait concession aux sieurs Jacques-Antoine-Adolphe de Longuiers *et* Christophe le Marchand des Marans, *de mines de cuivre et de plomb argentifère situées dans les communes de* Saint-Rome-de-Tarn, *de* Viala-du-Tarn *et de* Montjaux (Aveyron). Mines de cuivre et de plomb argentifère du Minier.

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession du Minier*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Par cinq lignes droites tirées du clocher de Saint-Symphorien à l'angle septentrional du hameau d'Ambias; de ce dernier point au pont sur le Tarn, sis au nord de Muriac; de ce pont au confluent du ruisseau d'Aigues-Bonnes et de la rivière du Tarn; de ce confluent à l'angle nord-ouest

Digitized by Google

du hameau de Concoulès, et de ce dernier point au clocher de Saint-Symphorien, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de huit kilomètres carrés, cinquante-six hectares.

Cahier des charges de la concession des mines de cuivre et de plomb argentifère du Minier.

(Extrait.)

Art. 25. Les concessionnaires ne pourront établir des usines pour la préparation mécanique ou le traitement métallurgique des produits de leurs mines, qu'après avoir obtenu une permission à cet effet; dans les formes déterminées par les articles 73 et suivants de la loi du 21 avril 1810.

Mines de cuivre et de plomb argentifère de Creissels.

Ordonnance du 28 *décembre* 1840, *portant qu'il est fait concession aux sieurs* Jacques-Antoine-Adolphe de Longuiers *et* Christophe le Marchand des Marans, *de mines de cuivre et de plomb argentifère situées dans les communes de* Creissels, Saint-Georges-Comprégnac, Castelnau, Péguayrolles *et* Milhau (Aveyron).

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession qui prendra le nom de *concession de Creissels*, est limitée conformément au plan annexé à l'ordonnance de ce jour, relative à la concession du Minier, par quatre lignes droites tirées du clocher de Creissels au confluent de la rivière du Cernon et de la rivière du Tarn; de ce confluent à l'angle nord du hameau de Jong; de cet angle à l'angle nord du hameau des Aumières, et de ce dernier angle au clocher de Creissels, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de vingt et un kilomètres carrés, douze hectares.

Digitized by Google

Cahier des charges de la concession des mines de cuivre et de plomb argentifère de Creissels.

(Extrait.)

Art. 25. Ut suprà.

Ordonnance du 28 *décembre* 1840, *portant que le sieur* Marot, jeune, *est autorisé à convertir en une usine à fer, la papeterie qu'il possède sur le ruisseau de* la Couze, *au lieu dit* du Colombier, *dans la commune de* Bayac (Dordogne). Usine à fer, à Bayac.

La consistance de cette usine est et demeure fixée ainsi qu'il suit :

Un haut-fourneau alimenté au charbon de bois pour la fusion du minerai de fer ;

Deux feux d'affinerie alimentés à la houille, et deux marteaux.

Ces ateliers seront disposés comme l'indique le plan qui restera joint à la présente ordonnance.

Ordonnance du 28 *décembre* 1840, *portant que le sieur* Hancenot *est autorisé à établir six lavoirs à bras, pour la préparation du minerai de fer, dans un clos qu'il possède sur le territoire de la commune de* Joinville, *arrondissement de* Vassy (Haute-Marne). Lavoirs à bras, à Joinville.

Ordonnance du 28 *décembre* 1840, *portant que le sieur* Lavalle *est autorisé à construire deux lavoirs à bras pour le lavage du minerai de fer, dans un pré qu'il possède au-dessous de son moulin, situé dans la commune d'*Audun-le-Tiche (Moselle). Lavoirs à bras, à Audun-le-Tiche.

Digitized by Google

(Extrait.)

Art. 13. Le permissionnaire sera tenu de contribuer au curage du ruisseau d'Audun-le-Tiche, toutes les fois que cette opération sera jugée nécessaire par l'administration locale et dans la proportion qui lui sera assignée.

Art. 14. Le lavage sera interrompu chaque dimanche, pendant toute la journée, pour laisser aux propriétaires des prairies riveraines du ruisseau d'Audun-le-Tiche, la faculté de faire des irrigations dans les prairies.

Mines de houille d'Azincourt.

Ordonnance du 29 *décembre* 1840, *portant qu'il est fait concession à* MM. Edouard Lanvin, Louis-Joseph Wacrenier, Nicolas-Vincent Delaune et autres, *de mines de houille situées dans les communes d'*Abscon, Aniche, Emerchicourt, Mouchecourt *et* Erchin, *arrondissements de* Douai *et de* Valenciennes (Nord).

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession d'Azincourt*, est limitée conformémeut au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord, par la limite de la concession d'Aniche ; depuis le point où cette limite rencontre la chaussée de Bouchain à Marchiennes jusqu'au clocher d'Erchin ;

Au sud, par une ligne droite tirée du clocher d'Erchin à l'intersection des chemins d'Emerchicourt à Auberchicourt et à Aniche, et par une autre ligne droite menée de ce dernier point à la jonction du petit chemin d'Azincourt avec la chaussée de Bouchain à Marchiennes ;

A l'est, par cette chaussée de Bouchain à Marchiennes jusqu'à la rencontre de la limite nord de la concession d'Aniche, point de départ ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de huit kilomètres carrés, soixante-dix hectares.

Digitized by Google

Ordonnance du 29 décembre 1840, portant qu'il est fait concession à madame la baronne DE LABORDE, *de mines de houille situées dans la commune de* FIENNES (Pas-de-Calais). Mines de houille de Fiennes.

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Fiennes*, est limitée conformément au plan annexé à la présente ordonnance, par le polygone DFKABC, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord, par une ligne droite dirigée du point D, rencontre des territoires de Fiennes, Caffiers et Ferques, sur le moulin *Lemaître*; mais en l'arrêtant au point F où elle coupe la route départementale de Marquise à Guines;

A l'est, par la portion de la route départementale de Marquise à Guines, comprise entre ledit point F et le point K où cette route se contourne vers le sud;

Au sud, par la portion de la même route départementale située entre ledit point K et la barrière du bois de Fiennes au point A; puis à partir de ce dernier point, par la limite séparative du territoire de Rety au point B, et à partir du point B, par la limite séparative des territoires de Fiennes et de Rety, jusqu'à la rencontre de Ferques au point C;

A l'ouest, par la limite séparative des territoires de Ferques et de Fiennes, à partir dudit point C, jusqu'à la rencontre du territoire de Caffiers au point D, où se forme le Polygone;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de quatre kilomètres carrés, trente et un hectares.

Art. 4. Le droit attibué aux propriétaires de la surface, par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, sur le produit des mines concédées, est réglé pour les terrains situés au dehors de l'ancien domaine de Fiennes, dont les auteurs de la dame Laborde étaient propriétaires et où se trouvaient établies leurs anciennes exploitations, à une indemnité annuelle de dix centimes par hectare.

Digitized by Google

Mine de plomb de Prato.

Ordonnance du **29** *décembre* **1840**, *portant qu'il est fait concession au sieur* Jean Arena, *de la mine de plomb sulfuré située dans la commune de* Barbaggio (Corse).

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Prato*, est limitée ainsi qu'il suit, savoir :

A l'est, par une ligne droite tirée du point d'embranchement du chemin de Barbaggio à Oletta sur la route royale de Bastia à Saint-Florent, sur le point où le ruisseau de Brietta sort de la commune de Barbaggio, un peu au-dessous du hameau de Brietta ;

Au sud, en partant de ce point, par le ruisseau de Brietta, en le descendant jusqu'à la rencontre du chemin de traverse de Patrimonio à Oletta, à 600 mètres environ au-dessus du point où le ruisseau entre dans la commune de Peggio d'Oletta ;

A l'ouest, par une ligne droite tirée de ce point à la Chapelle-Saint-Bernard, sur la route royale de Bastia à Saint-Florent, en l'arrêtant au ruisseau qui descend du village de Peggio ;

Au nord, par le dernier ruisseau, en le remontant jusqu'à la rencontre de la route royale de Bastia à Saint-Florent, point de départ ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de deux kilomètres carrés quatre-vingt-quinze hectares.

Digitized by Google

PERSONNEL.

Par ordonnance du roi, du 14 *août* 1840, — MM. Bineau et Leplay, ingénieurs ordinaires des mines de 1re classe, sont nommés ingénieurs en chef de 2e classe.

Par ordonnance du 5 *août* 1840, — M. Garnier, inspecteur général adjoint au corps royal des mines, est nommé inspecteur général de 2e classe; — M. Hérault, ingénieur en chef des mines de 1re classe, est élevé au grade d'inspecteur général adjoint; — M. Lefroy, inspecteur général des mines, est admis à faire valoir ses droits à la retraite.

Par ordonnance du 6 *décembre* 1840, — M. Chéron, ingénieur en chef des mines de 1re classe, est nommé inspecteur général adjoint, en remplacement de M. Hérault qui n'a pas accepté.

Par ordonnance du 9 *décembre* 1840, — M. Michel Chevalier, ingénieur ordinaire de 1re classe au corps royal des mines, est nommé ingénieur en chef de 2e classe.

Par arrêté du ministre des travaux publics, du 22 *juillet* 1840, — M. Guillebot, élève-ingénieur des mines, hors de concours, est chargé du service du sous-arrondissement de Dijon, en remplacement de M. Payen, ingénieur ordinaire; — le sous-arrondissement de Besançon, temporairement distrait de l'arrondissement de Mâcon, y est de nouveau réuni; — M. Parrot, ingénieur ordinaire chargé du sous-arrondissement de Besançon, est placé dans la réserve; — M. Boyé, élève-ingénieur hors de concours, est appelé à ce service en remplacement de M. Parrot.

Par arrêté du ministre, du 18 *décembre* 1840, — M. Lorieux, ingénieur en chef des mines, est chargé de l'arrondissement de Nantes, en remplacement de M. Chéron, nommé inspecteur général adjoint; — M. Blavier, ingénieur en chef, est chargé de l'arrondissement de Valenciennes, en remplacement de M. Lorieux; — M. Vène,

Digitized by Google

ingénieur ordinaire est appelé à faire fonctions d'ingénieur en chef à la résidence de Bordeaux, en remplacement de M. Blavier; — M. Boudousquié, ingénieur ordinaire actuellement à la réserve, est chargé du service du sous-arrondissement de Carcassonne, en remplacement de M. Vène; — M. Drouot, ingénieur ordinaire également à la réserve, est chargé du sous-arrondissement de Vesoul, en remplacement de M. Ebelmen, ingénieur ordinaire.

Par décision du sous-secrétaire d'état des travaux publics, du 7 septembre 1840, M. Delaunay, élève-ingénieur des mines, hors de concours, est autorisé à accepter les fonctions de répétiteur à l'École Polytechnique.

Élèves admis à l'école royale des mines, le 31 octobre 1840:

MM. Saivoir.
Reuss.
Bayle.
Bertera.
Renouf.
de Chancourtois.
Debette.

Garde-mines. — Arrêté du ministre des travaux publics, du 30 juin 1840.

Le ministre secrétaire d'état au département des travaux publics,

Vu le rapport du sous-secrétaire d'état au même département,

Vu l'arrêté du 18 février 1840, relatif à l'institution des garde-mines;

Vu les observations présentées par les préfets et les ingénieurs en chef des mines de divers départements;

Vu les avis exprimés par le conseil général des mines, réuni en comité, dans ses séances des 27 mai et 3 juin 1840;

Arrête ce qui suit :

Art. 1er. Il sera placé un garde-mines de quatrième classe dans le département du Calvados à la résidence de Caen.

Art. 2. Il ne sera provisoirement établi, dans le dé-

Digitized by Google

partement de la Vienne, qu'un seul garde-mines de cinquième classe.

La résidence de cet agent sera ultérieurement fixée.

Il sera institué dans la Charente un garde-mine de cinquième classe.

La résidence de cet agent sera ultérieurement fixée.

Un garde-mines de même classe sera également placé dans le département de la Charente-Inférieure : il résidera à Saint-Savinien.

Art. 3. Il sera placé à Lyon, département du Rhône, un garde-mines de deuxième classe.

Cet agent sera spécialement chargé de la surveillance des bateaux à vapeur qui naviguent sur la Saône et sur le Rhône.

Art. 4. Le sous-secrétaire d'état des travaux publics est chargé de l'exécution du présent arrêté.

Signé C[te] JAUBERT.

Digitized by Google

Digitized by Google

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XVIII.

Pag.

GÉOLOGIE ET MINÉRALOGIE.

CHIMIE.

Digitized by Google

MÉTALLURGIE ET MINÉRALURGIE.

Digitized by Google

MÉCANIQUE. — EXPLOITATION.

ADMINISTRATION.

Digitized by Google

FIN DE LA TABLE.

Digitized by Google

PLANCHES JOINTES AU TOME XVIII.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

ERRATA.

5e livraison, page 502, lig. 23, au lieu de : *P*, *P' plaque de tôle*, il faut lire : *P*, *P plaque de tôle*.

Id. lig. 29, au lieu de : P', P' *autre plaque de tôle*, il faut lire : *p',p' autre plaque de tôle*.

Page 550, lig. 14, *au lieu de* : on n'en pu, *lisez* : on ne pût pas en.....

Page 551, lig. 19, *au lieu de* : 16 p. 0/0 en poids, *lisez* : 16 p. 0/0 en volume.

Page 571, lig. 6, en remontant,

$$\textit{au lieu de}: D = \sqrt{\left(\frac{(1,15)}{4,889}\right)^2} = 0,5605,$$

$$\textit{lisez}: D = \sqrt[5]{\left(\frac{(1,15)}{4,889}\right)^2} = 0,5605.$$

Page 594, lig. 5, *au lieu de* : à la distance r' de l'axe, *lisez* : à la distance r de l'axe.

Id. lig. 20, *au lieu de* : $w^2 r_1^2 < 2g\text{H}$,

lisez : $w^2 r_1^2 > \sqrt{2g\text{H}}$.

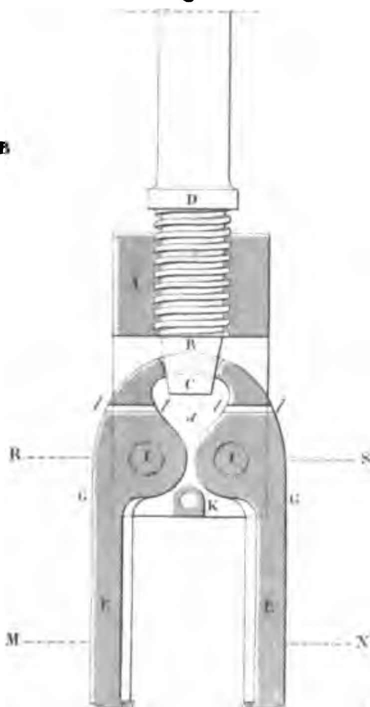
Page 642, lig. 20, *au lieu de* : H', *lisez* : H.

Digitized by Google

…steur.



Fig. 11.



… 2.

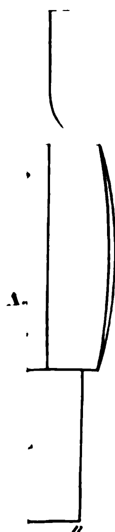
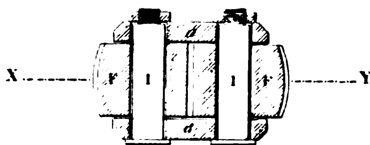


Fig. 12.



Fig. 13.



5 décimètres.

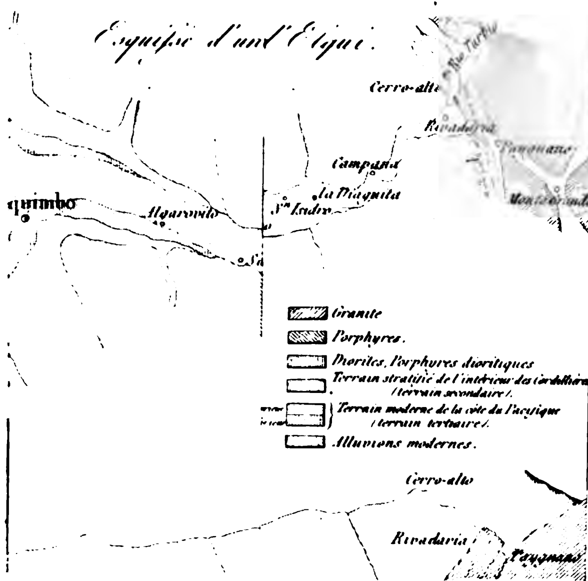
… par … Quai …

Digitized by Google



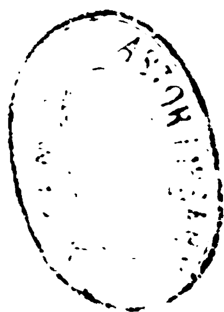
Digitized by Google





Gravé par Bénard

Digitized by Google



Digitized by Google

Mines de Cuivre de Andacollo (Chili).

Fig. 1.

Coupe transversale de l'Est à l'Ouest.

Andacollo

A

a

g

p

p

g

Fig. 2.

Veine d'Oxisulfure

Fig. 3.

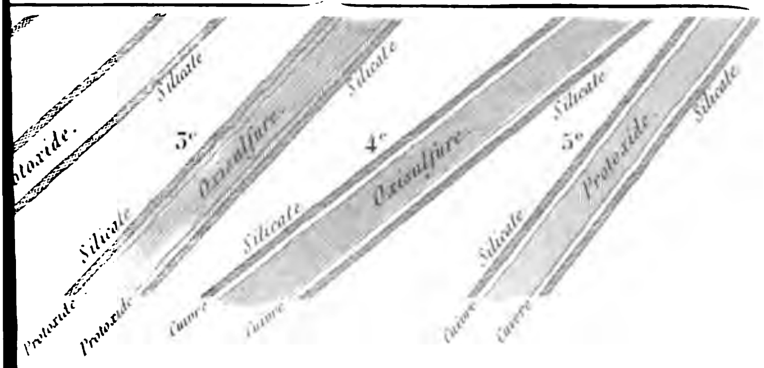
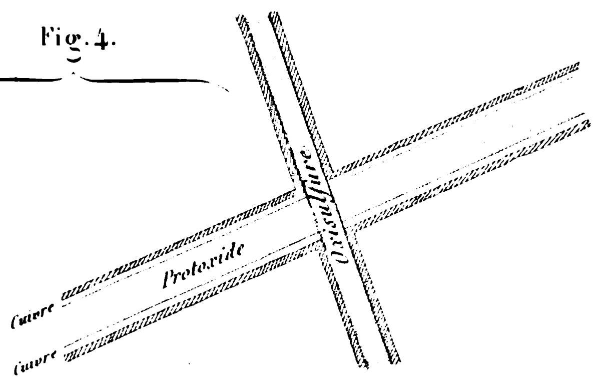


Fig. 4.

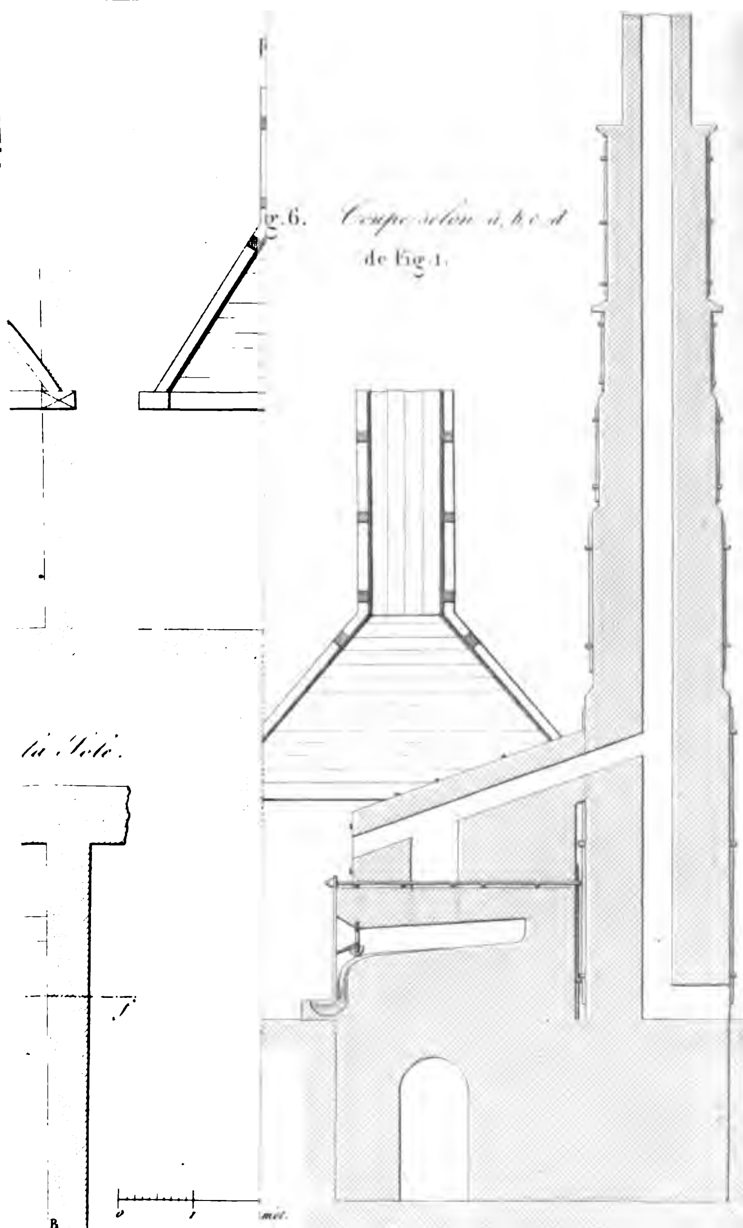


Gravé par Renou

Digitized by Google



Digitized by Google

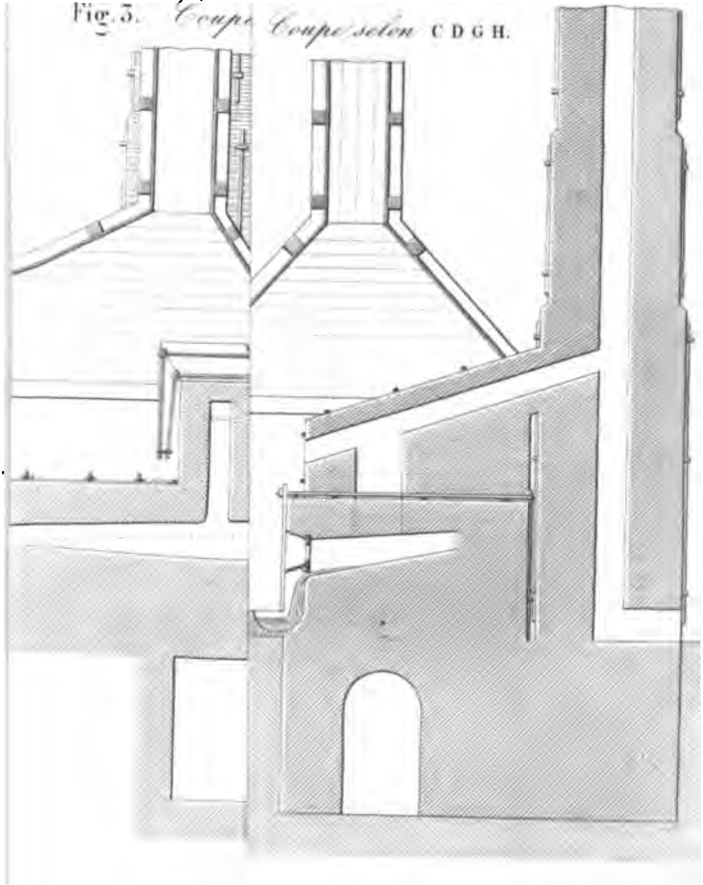


Digitized by Google



Digitized by Google

la Fonderie



0 1 2 15 mètres.

Digitized by Google



Digitized by Google

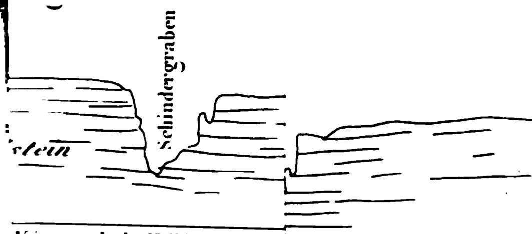
Digitized by Google

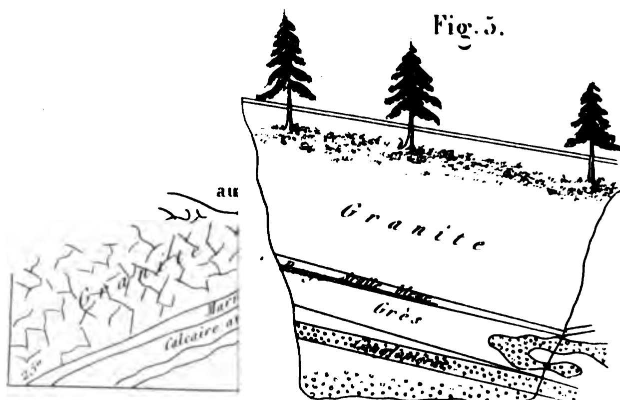


Digitized by Google

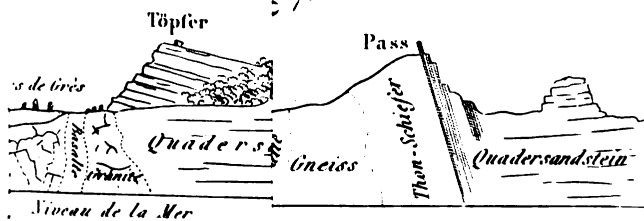
...dersandstein

Fig. 1.



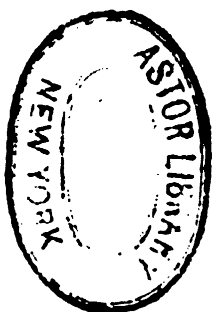


·7·



Gravé par R...

Digitized by Google



Digitized by Google

...e jaugeage ...peur.

Fig. A. Cylindre jaugeur.

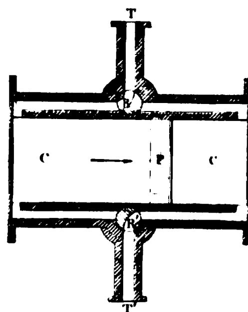


Fig. B. Mécanisme propre à régulariser le jeu des robinets d'introduction et de sortie de l'eau.

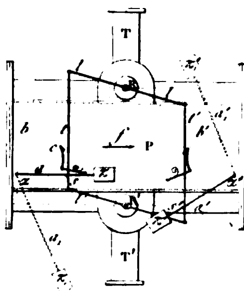
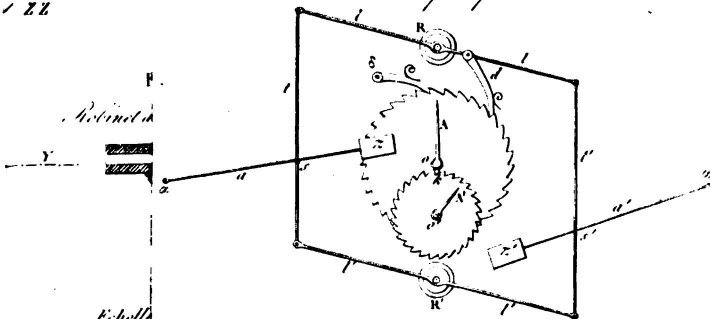


Fig. C. Mécanisme propre à noter le nombre de coups de piston donnés.



Z

Y

Y

ZZ

Robinet d...

Y

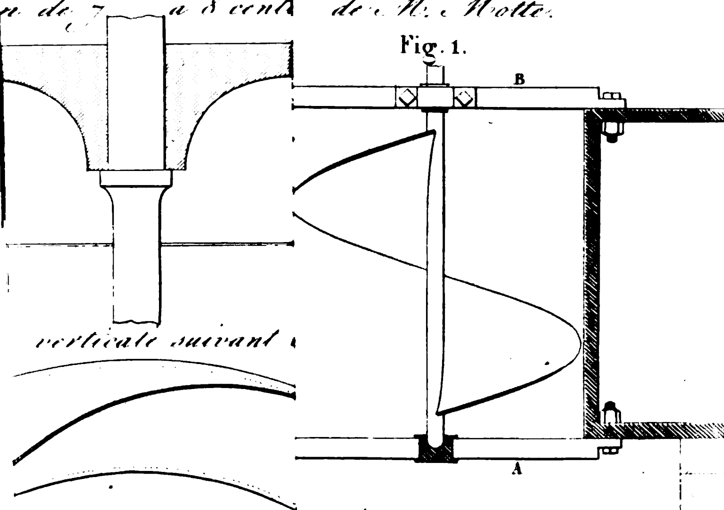
Echelle

Digitized by Google



Digitized by Google

...tilateur aspirant ... pneumatique
...n de 7 à 8 cent... de M.r Motte.



verticale suivant ...

Fig. 2.

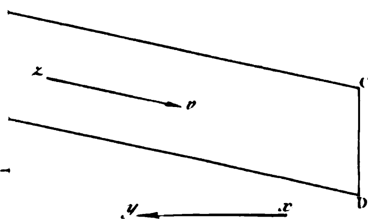
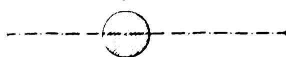
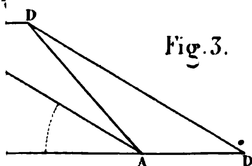


Fig. 7.



...tion horizontale
...ndiculaire à l'ax...



...ig. 6 et 7.

6 7 8 9 10 décim.

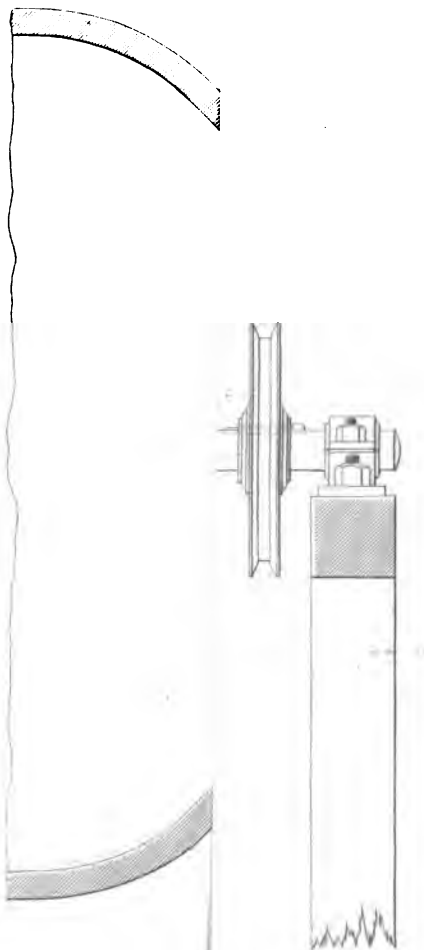
Gravé par Renau...

Digitized by Google



Digitized by Google

pour de faibles pr



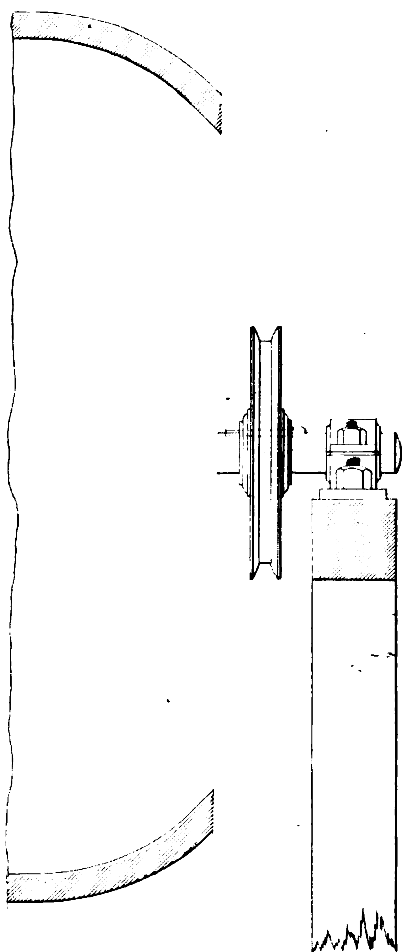
Gravé par Renou.

Digitized by Google

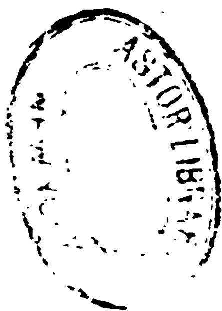


Digitized by Google

pour de faibles pr



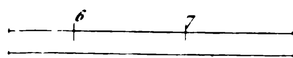
Digitized by Google



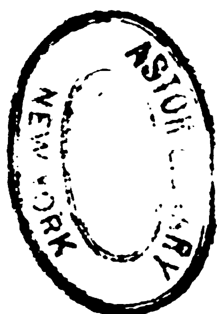
Digitized by Google

neur des Cub

Sec



Digitized by Google



Digitized by Google

...pour la fabri...

...lévation suivant. E F.

Fig. 4. *Coupe suivant* G H

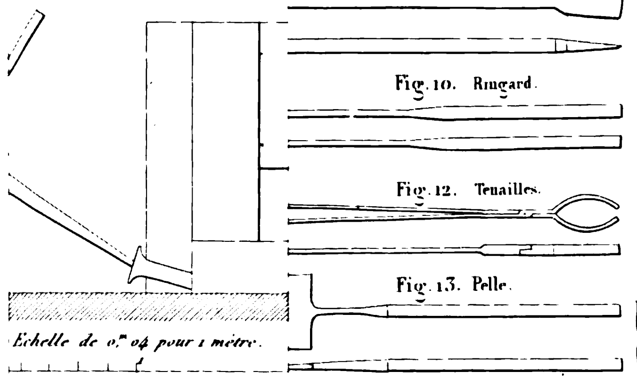
...lévation suivant C D.

Fig. 7. Tuyère.

Fig. 8. Ringard.

Fig. 14. Marteau.

...lévation suivant C E.



Gravé par Ro...

Digitized by Google



Digitized by Google

Fabricati

d

Fig. 5. Autre disposition de la meule.

A

d

B

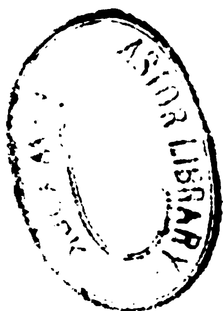
Fig. 8

Coupe en trave

10 mètres.

Gravé par R.

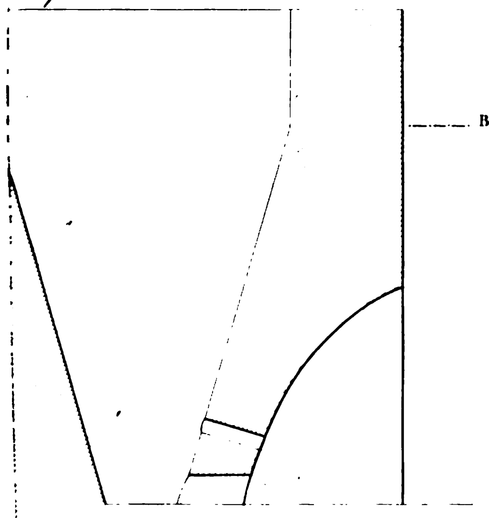
Digitized by Google



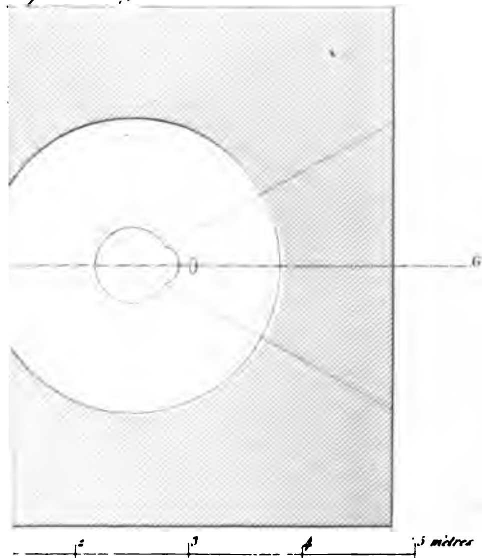
Digitized by Google

…eau à griller le minerai
à Rioupéroux (Isère).

…oupe verticale suivant FG.

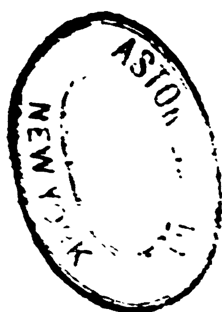


…oupe horizontale selon A B.



Gravé par Renou

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

FEB 13 1941

Digitized by Google

Digitized by Google